KSK-GH21-1

平成21年度　製造業の基盤的技術の拡充強化に関する
研究等補助事業

標準技術活用による生産支援に関する研究

平成22年3月

財団法人　機械振興協会　技術研究所

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

http://ringring-keirin.jp/

標準技術活用による生産支援に関する研究

── 目　次 ──

<研 究>

標準技術活用による生産支援に関する研究

木 村 利 明[*1], 日比野 浩 典[*2], 神 田 雄 一[*3], 福 田 好 朗[*4]

A research project of manufacturing support systems using industrial standard technologies

Toshiaki KIMURA, Hironori HIBINO,
Yuichi KANDA, & Yoshiro FUKUDA

1. 緒 言

生産システムの運用・保守の段階では，2007年問題により，技能伝承が課題となる一方で，低いスキルの作業者でも，より容易に利用可能な生産システムが求められている．さらに，特に工作機械などの工場設備の海外輸出比率は高く，グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みが求められている．

他方，生産システム構築段階では，製品ライフサイクルの短命化により，一層の生産システム構築効率化を追求する一方で，製造工程の高次元の品質保証が求められている．

そこで，標準技術活用による生産支援に関する研究[1]では，平成20年度から平成21年度の2ヵ年計画で，大きく2つの視点から研究を実施した．それらは，生産システムの運用，および保守向けに，遠隔監視，ドキュメント管理などの機能を，TV会議機能により遠隔拠点間で共有し，低いスキルの作業者の遠隔作業や保守支援を行う「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と，生産システム構築段階向けに，「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」である．

まず，「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の概要を示す．

本研究では，特にグローバルな拠点間での遠隔運用や遠隔保守支援が行える仕組みの研究開発を行う．従来の遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する手法は，例えば工作機械などの機器メーカが，インターネットにより，ユーザ工場の機器の制御装置画面を閲覧しながら保守を行う遠隔保守の仕組みを活用しはじめている．

しかし，これらの仕組みは，機器メーカ毎に開発しているため，異メーカの機器が混在する工場への適用が困難である．また，これらは制御装置画面を閲覧する方式が主であるため，機器の姿勢，ワークなどの周辺の状況までは把握できず，故障診断に手間がかかる場合がある．さらに，ユーザやサービス会社が保有する保守説明書，およびユーザが蓄積した保守記録などの分散したドキュメントを管理し，必要に応じて検索して利用する仕組みが欠如している．他方で，これらの仕組みは，機器メーカの保守支援用であるため，機器メーカと工業企業側との間のコラボレーションに利用が限定されており，工場企業内の工場と設計拠点間などの普段のコラボレーションに用いることができない．

そこで，本研究では，これらの課題解決を目的として，遠隔監視システム，分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システムの情報を，製造業向けに特化したTV会議の仕組みである遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により，拠点間で同視点表示し，共通ポインタと会話により作業支援や保守支援を

---

*1 生産技術部
*2 生産技術部システム課
*3 客員研究員（東洋大学）
*4 客員研究員（法政大学）

行うシステムをポータル・コラボレーション型生産支援システムと呼ぶことにし，本システムの実現手法について研究を実施した.

なお，本研究の実施にあたっては，前身研究で開発し，一部は実用化された標準技術により異メーカ，異機種，新旧機器の情報と，製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境，本環境の活用によるマルチメディアで機器監視を行う 3-D 表示遠隔監視システム，および本環境により，異メーカで新旧の NC 装置に適用可能な工作機械内衝突防止システムなどの研究成果[2)3)4)5)6)]も活用することで，研究事業の効率化を図った.

つぎに，「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の概要を示す．近年，ものづくりに関わる企業は，製品のライフサイクルの短期化，消費者ニーズの多様化に伴い，従来の多品種少量生産から，需要変動が大きい変種変量の生産への対応を迫られており，これに対応できる，より柔軟な生産システムを早く設計構築することが重要となっている．その解決策の一つとして，より早い段階で，設計の問題を発見し，解決するフロントローディングにより設計の手戻りを極力減らすことが重要となる．最近では，コンピュータの演算速度の高速化や三次元 CAD 技術など情報技術の進展などが相まって，シミュレーションを利用するフロントローディングによる生産システムの設計・構築に対する期待が大きくなっており，その利用が進展しはじめている．しかしながら，生産システムの設計（生産準備）・構築（工程実装）ではさまざまな評価を実施する必要があり，現状，シミュレーションの利用は限定的で，その適用範囲を広げる必要が生じている.

そこで，本研究では，まず，最近重要になっている製造品質の効率的な保証に注目し，ロボットとカメラを利用する外観視覚検査の自動化を対象として，外観視覚検査の自動化構築の課題を整理し，課題を解決する外観検査向け設備シミュレーションの研究を実施した．次いで，近年の変種変量の生産に対応するため，セル生産など，作業者が主体となる生産システムが増加しており，作業者を主体とする生産システムを対象として，生産準備段階の課題を整理し，課題を解決する作業者シミュレーションのモデル化手法の研究を実施した.

本報では，標準技術活用による生産支援に関する研究の平成 21 年度の研究成果を報告する．第 2 章に本研究の関連技術動向調査結果を報告し，第 3 章に「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の成果を，第 4 章に「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の成果を報告する.

第1章の参考文献

1) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 20 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業　標準技術による生産支援に関する研究，平成 21 年 3 月
2) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 15 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成 16 年 3 月.
3) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 16 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成 17 年 3 月.
4) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 17 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成 18 年 3 月.
5) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 18 年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業　デジタルマニュファクチャリングに関する研究，平成 19 年 3 月
6) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 19 年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業　デジタルマニュファクチャリングに関する研究，平成 20 年 3 月

2．生産システムの動向調査

2.1 海外動向調査

本動向調査は，海外のものづくり最新技術動向を調査し，今後の研究の方向性を明らかにし，今後の研究活動に活用することを目的に，欧州の生産システムの動向調査および研究成果の普及を実施した．平成21年9月14日から9月25日の日程で実施し，フランス（ドイツを経由）を訪問した．具体的には，フランスで開催された国際会議APMS2009に参加し，研究成果の普及と技術動向の調査を実施した．次いで，エアバス社本社工場を訪問して，最新の生産システムの動向を調査した．次節以降に詳細を報告する．

2.2 国際会議APMS2009

最新の生産システムの研究動向調査および研究成果の普及のため，平成21年9月19日から9月23日の期間でフランス・ボルドー市内にあるボルドー大学，および，国立研究所のENSEIRB (Ecole Nationale Superieure d'Electronique et de Radioelectricite de Bordeaux) で開催された，生産マネジメント関係の主要な国際会議であるAPMS2009(Advances in Production Management Systems)に参加した（**図2.1**，**図2.2**参照）．国際会議APMSは，生産マネジメント関係の統括学会のIFIP(International Federation for Information Processing)TC5 Working Group 5.7の主催で開催される．IFIPは1960年4月，国連ユネスコの提案で組織された情報処理国際連合で，日本の代表団体は情報処理学会が加盟している．APMSを主催するWorking Group 5.7が所属するTC5は，1970年に創設され，工学・工業におけるあらゆる計算機応用を対象範囲としており，工業製品やシステムの研究開発，設計，生産，運用・制御，などを扱い，さらにこれらに固有な基礎的情報処理技術を対象とする[1]．最近では，特に，製造業の情報化に関連する要素技術を主な対象としており，CAD/CAM/CAE，生産管理，仮想生産や仮想企業体，EC (Electronic Commerce)，さらにコンピュータグラフィックス，通信，データベース，などの情報インフラストラクチャ，などの分野の研究者が活発に活動している．

国際会議APMSは，従来は隔年の開催であったが，近年，毎年秋に開催されている．講演発表件数は約100件で欧州を中心とする研究者が参加している．アジア勢では，日本の研究者が中心的な役割を担っている．APMS2009の日本からの参加者は，10名程度であった．

APMS2009での講演セッションの内訳を以下に記す（括弧内は講演発表件数）．

- Business process and performance management of product-service systems(6).
- Interoperable and agile production systems (3).

図2.1　APMS2009会場のENSEIRB

図2.2　APMS2009の代表主催者のミラノ工科大学Marco Taisch教授の講演

・Co-Evolution of Product Design and Supply Chain considering Change Management Strategies (3).
・Relationships with customers (3).
・Knowledge management (2).
・From single to networked enterprises performance measurement and management (4).
・New practices in transportation and logistic organisations (4).
・Agent Modelling, Distributed Simulation & Control Frameworks for Production Management Systems (4).
・Sustainability (4).
・Risks and uncertainty (2).
・Maintenance, inspection and monitoring (4).
・Services (8).
・Cooperative supply chains: models and challenges (4).
・Production processes (4).
・Supply chains operation management (4).
・Production management (4).
・Projects and life cycle (4).
・Lean management (4).
・Production systems design (4).
・Production networks (3).
・ICT (3).
・Change, strategy and innovation (3).
・Relationships with suppliers (3).
・Quality (3).
・Performance measurement and costing (4).

全体的な印象としては，生産システムにおけるハードウェアそのものではなく，生産システム構築支援技術や管理技術の分野の研究が多い．

今回の講演での新しい方向性として，地球温暖化の議論に端を発する資源の有限性の解決策として注目されているサステナブル生産システムの研究発表も増えてきていることが挙げられる．これは近年，欧州内の研究予算の配分方法が変化しており，特に，欧州連合第7次研究枠組み計画のFP7(The Seventh Framework Programme)において，重点研究に新生産技術，エネルギー，環境（気候変動を含む）などが挙げられており，研究の対象の傾向が変わりつつあることが関係していると推察する．FP7は，2007年から2013年までの7年間にわたり，4項目の具体的プログラム（協力，構想，人材，能力）に基づき実施されている[2]．この4つの具体的プログラムの詳細は，「協力」が加盟国間の共同研究活動に関連しており，「構想」が欧州研究評議会（ERC）を通して実施する基礎研究を取り扱い，「人材」では，マリーキュリーアクション（人材の流動性関連）や関連の他の活動を行い，「能力」では，研究インフラ，「知」に基盤を置く地域，中小企業の支援することを狙っている．共同研究は9分野で，具体的には，保健，食料・農業・バイオテクノロジー，情報通信技術，ナノサイエンス・ナノテクノロジー・材料・新生産技術，エネルギー，環境（気候変動を含む），運輸（航空を含む），社会経済科学・人文科学，安全・宇宙である．新生産技術などの製造分野では，日本発の国際共同研究プログラムのIMS (Intelligent Manufacturing System)が，母体となり活動を活発化させている．後述するIMS2020は，最近の欧州の代表的なプロジェクトである．なお，次回のAPMS2010では，サステナブル生産システムをメインタイトルにすることが決まっている．

また，APMS2009では，グローバルなサプライチェーンの研究発表もさかんであった．これは，BRICsなどを含むグローバル生産が活発化している現状では，グローバルなサプライチェーンの効率化が一層重要となっているためである．ただし，グローバルなサプライチェーンの研究の場合，工場をブラックボックスとして扱うことを前提としており，具体性に欠ける発表も散見することがあり，実際に講演会に参加して前提条件を確認することは重要であると感じた．論文レベルのみのサーベイのみでは，

実用上利用できるかどうかの判断が難しいと考える．

また，APMS2009では，従来さかんであった工場内の生産マネジメント関係の研究が少なくなっている一方で，ネットワークを活用するシミュレーションの研究が増えている．

APMS2009の講演発表では，レベルにはばらつきがあるものの一定レベル以上の研究内容であり，参考となる研究が多い．今後も継続的に調査が必要な国際会議である．**図2.3**に講演会の様子を示す．

基調講演は，国際的に有名な講師による合計3回の講演が実施された．これらの講演はどれも興味深かった（**図2.4**参照）．

1．講師：Dr. Y. Fourastier, EADS, フランス，　講演タイトル：Federated means for great destinies required for industrial alliance strategies: risk sharing, virtual platforms and integrated logis[3]．
2．講師：Dr. P. Lagouardep, AGDF CEGEDIM RS，フランス，講演タイトル： The healthcare information system: perspectives and challenges[4]．
3．講師：Emerit Prof. Guy Doumeingts, University Bordeaux INTEROP-VLab，フランス，講演タイトル：30th Anniversary of IFIP W.G. 5.7INTEGRATED Production Management APMS[5]．

図2.3　APMS2009の研究講演会場

図2.4　APMS2009の基調講演の様子

本研究の成果として，発表タイトル：「Simulation Model Driven Engineering for Manufacturing Cell」[6]をAPMS2009で講演した．講演内容は，設備シミュレーションの新しい考え方として，シミュレーションモデル駆動型の設備シミュレーションを提案した．これは，従来のPLCを利用する設備制御方式をPCベースの制御方式して，その制御を設備のシミュレーションモデルが実行する（**図2.5**，**図2.6**参照）．これによって，作成したシミュレーションモデルを実際の制御で利用できるため，モデルの再利用が可能となり，モデリングコストを下げることが可能となる．また，従来から提案している設備シミュレーションの生産システム構築時のリードタイム短縮にも寄与できる利点がある（**図2.7**参照）．質疑応答では，5件ほどの質問があり，活発であった．実際の生産システムに対する導入計画やその効果に関する質問などがあった．また，シミュレーションと実機の同期方法についての質問があった．今回の発表では，同期については詳しく述べておらず，今後，機会があれば講演する予定である旨の説明をした．

APMS2009全体の中で，特に注目した講演内容として，サステナブル生産システム関係とグローバルなサプライチェーン関係の2つに絞り，

詳細内容を報告する．

まず，サステナブル生産システム関係の先進的な研究として，欧州を中心としてサステナブル生産システムの現状調査と10年後の2020年へのロードマップ作成に関する研究を実施しているIMS2020の研究講演「Introducing Energy Performances in Production Management: Towards Energy Efficient Manufacturing」[7)8)]を報告する．本講演は，ミラノ工科大学Taisch教授らの研究である．Taisch教授は，TC5 Working Group5.7の現在の代表でもある．Taisch教授は，サステナブル生産システムは，社会，経済，環境を考慮して成り立つとしている(**図2.8**参照)．この前提に立って，サステナブル生産システムを整理するために大きく5つのキーワードと，さらにキーワードごとにサブ

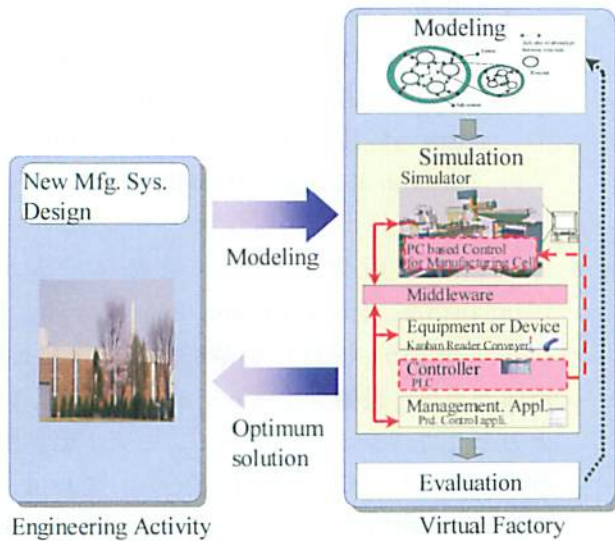



図2.5　シミュレーションモデル駆動型の設備シミュレーション

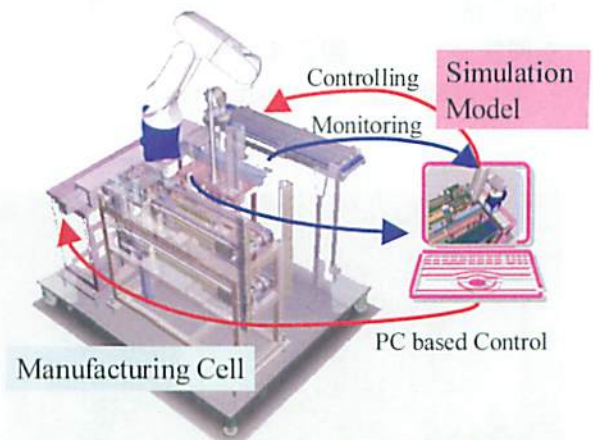



図2.6　シミュレーションモデル駆動型の設備シミュレーションの概要

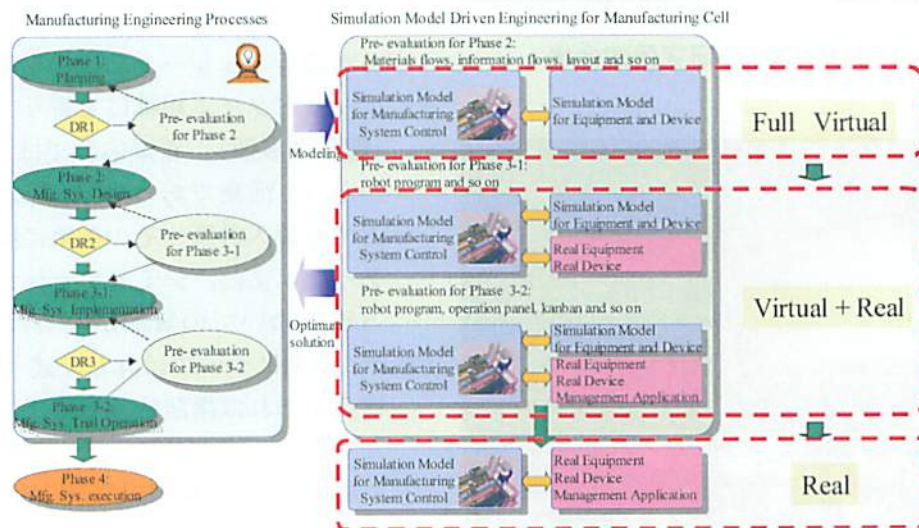



図2.7　シミュレーションモデル駆動型の設備シミュレーションによる生産システム構築の効率化

キーワードを掲げている.それらを以下に記す.

(1)Sustainable Manufacturing, Products and Services.
- Technologies for Sustainability.
- Scarce Resources Management.
- Sustainable Lifecycle of products and production systems.
- Sustainable Product and Production.
- Sustainable Businesses.

(2)Energy Efficient Manufacturing.
- Energy Sources for Factories.
- Efficient Production Processes.
- Energy Utilization in Collaborative Frameworks.
- Management and Control of Energy Consumption.

(3)Key Technologies.
- Flexible Manufacturing Systems.
- Cost-Saving Manufacturing Systems.
- Energy saving Manufacturing Systems.
- Key Technologies Embedded in the Products.

(4)Standards.
- Interface Standards.
- Measurement Standards.
- Process Standards.
- Safety Standards.
- Product and component Standards.
- Material Standards.

(5)Innovation, Competences Development and Education Research Topics.
- Teaching Factories.
- Cross Sectorial Education.
- Communities of Practice.
- From Tacit to Explicit Knowledge.
- Innovation Agents.
- Benchmarking.
- Serious Games.
- Personalized and Ubiquitous Learning.
- Accelerated Learning.

IMS2020では,これらの5つのキーワードの内で,「Sustainable Manufacturing, Products and Services」をKAT1,「Energy Efficient Manufacturing」をKAT2,「Key Technologies」をKAT3,「Standards」をKAT4,「Innovation, Competences Development and Education Research Topics」をKAT5としてグループ化して,グループ毎に1年から3年先のロードマップ,3年から7年先のロードマップ,7年から10年先のロードマップを作成する.10年から15年先の

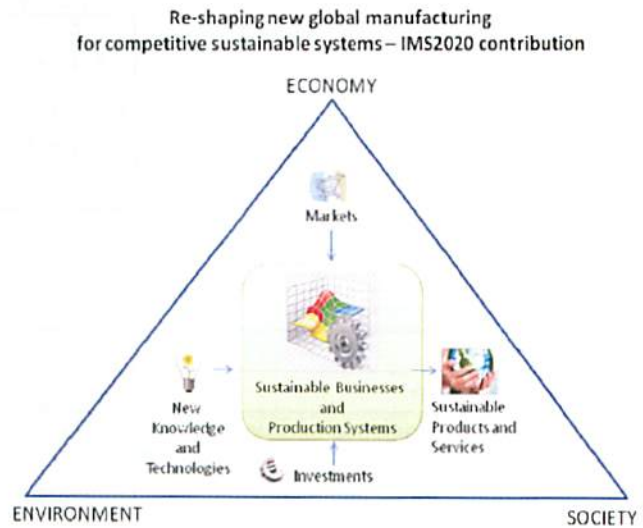



図2.8 IMS2020における
サステナブル生産システムの前提

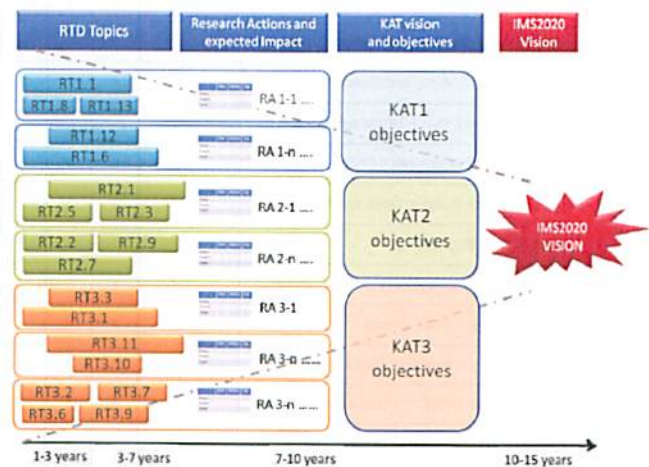



図2.9 IMS2020の活動

ロードマップについては，それぞれのグループの結果を考慮して，全体で議論し，作成する（**図2.9**参照）．「Standards」のKAT4と「Innovation, Competences Development and Education Research Topics」のKAT5については，KAT1, KAT2, KAT3と密接な関係があるため，KAT1, KAT2, KAT3の詳細項目との関係をマトリックス化して考えている．KAT1とKAT4との関係について**表2.1**に，KAT2とKAT4との関係について**表2.2**に，KAT3とKAT4との関係について**表2.3**に示す．

IMS2020では，産業界とのワークショップ，インタビュー，オンラインでの調査を実施する（**図2.10**参照）．また，日米欧ですでに実施されている20のロードマップや日本発の国際共同

表2.1　KAT1とKAT4との関係

IMS2020 Research Topics Relations with Standardization (KAT4)	Interface Standards			Measurement standards					Process standards						
	Electronic information & data standards (format)	Communication & semantic standards (content)	Physical interface standards	Measurement standards for process efficiency	Measurement standards for energy efficiency	Measurement standards for manufacturing efficiency	Measurement standards for waste detection	Measurement standards for emission detection	Design process standards	Manufacturing process standards	Business Process standards	Closed loop management standards	Safety standards	Product & component standards	Material Standards
RT1.01 Quality embedded manufacturing				x	x	x	x	x							
RT1.02 Development of Green Controller for Machining							x	x				x			
RT1.03 Real-time Life Cycle Assessment and Cost				x	x	x	x	x							
RT1.04 Sustainability Labels		x													
RT1.05 Sustainability Workshops															
RT1.06 Cost-Based Product Lifecycle Management (PLM)	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			
RT1.07 Remanufacturing for Sustainable Resource Management	x	x		x	x	x	x	x							
RT1.08 Predictive maintenance based on embedded information devices	x	x													
RT1.09 Sustainable Packaging				x	x	x	x	x	x						
RT1.10 Optimization of Electronic Sustainability		x										x			
RT1.11 Materials re-use optimization		x										x			
RT1.12 Sustainable SMEs	x	x	x												
RT1.13 Maintenance Concept for Sustainability	x	x	x												
RT1.14 Additive forming processes for manufacturing															
RT1.15 New workplaces for Aging and Disabled Workers	x	x	x												
RT1.16 Resource Recovery from Alternative Fuels and Raw Materials												x		x	x
RT1.17 Exploiting Disruptive Innovation for Sustainability	x	x							x	x	x				
RT1.18 Integrated Service Supplier Development	x	x							x		x	x			
RT1.19 Product-Service Engineering														x	
RT1.20 Sustainable Data Management	x														
RT1.21 Sustainable Supply Chain Design	x	x								x	x	x			
RT1.22 Alignment of IT and Business Strategies	x	x									x	x			
RT1.23 Multi-dimensional Inventory Management	x	x									x				
RT1.24 Integrative Logistics Tools for Supply Chain Improvement	x	x										x			
RT1.25 Management of Hazardous Substances in Manufacturing							x	x					x		
RT1.26 Lean Management for Service Industries	x	x							x		x	x			

研究のＩＭＳでの１３の研究結果を取り込み，IMS2020とのマッピングを行う．産業界への対面でのインタビューをすでに106件実施済である．その内訳は，欧州61件，米国18件，韓国16件，濠1件，日本10件である．オンラインでの調査の例を**図2.11**に示す．IMS2020では，現在，産学官合わせて94の大学，企業，研究所の参加がある．欧州が中心であるが，米国，日本，濠，ブラジルなどからも参加している．

次に，グローバルなサプライチェーン関係で先進的な研究として，慶応義塾大学の中野教授の「A Conceptual Framework for Sustainable Manufacturing by Focusing Risks in Supply Chain」[9]，ボルドー大学のZacharewicz教授の「HLA Multi Agent/Short-Lived Ontology Platform for Enterprise Interoperability」[10]，

表2.2　KAT2とKAT4との関係

IMS2020 Research Topics Relations with Standardization (KAT4)	Interface Standards			Measurement standards					Process standards						
	Electronic information & data standards (format)	Communication & semantic standards (content)	Physical interface standards	Measurement standards for process efficiency	Measurement standards for energy efficiency	Measurement standards for manufacturing efficiency	Measurement standards for waste detection	Measurement standards for emission detection	Design process standards	Manufacturing process standards	Business Process standards	Closed loop management standards	**Safety standards**	**Product & component standards**	**Material Standards**
RT2.01 Energy-aware Manufacturing Processes – Measurement and Control					x		x								
RT2.02 Integrating Energy Efficiency in Production Information Systems	x	x		x	x	x	x	x							
RT2.03 Using Energy Harvesting in Manufacturing Processes			x	x	x	x									
RT2.04 Energy Autonomous Factory				x	x	x									
RT2.05 Intelligent Utilization of Waste Heat				x	x	x	x	x				x			
RT2.06 Framework for Collaboration in the Alternative Fuel and Raw Material Market	x	x										x			
RT2.07 Technological Access to Wastes for Enhanced Utilization in Resource Intensive Industries	x	x					x	x				x			
RT2.08 Product Tags for Holistic Value Chain Improvement	x	x		x											
RT2.09 Emission Reduction Technologies	x	x										x		x	
RT2.10 Energy Efficient Particle Size Reduction															
RT2.11 Green Manufacturing for Future Vehicles										x		x			

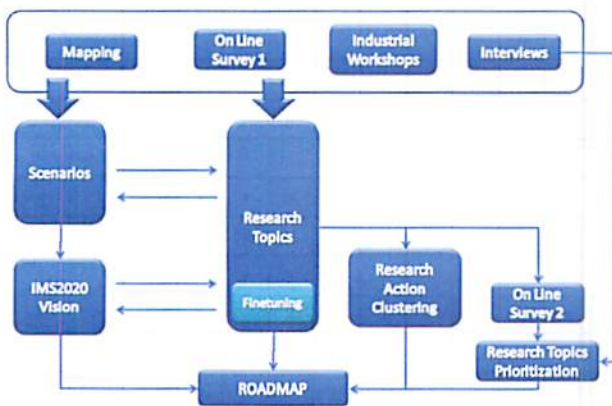



図2.10　IMS2020での調査活動の概要

Integrated Service Supplier Development

Today suppliers have to provide both physical products as well as complementary services in order to meet the customer demands. Therefore, it is reasonable to build up networks in which producers and service suppliers work together on the configuration of product-service-systems. In order to realize these networks companies need standardized methods and tools for the definition of the relevant interfaces as a common basis for an integrative development process of products and services.

	very low 1	2	3	very high 4
How relevant is this topic for your organization?	○	○	○	○
To what extent are specific competence development actions required by this topic?	○	○	○	○
To what extent are specific standardization actions required by this topic?	○	○	○	○

Would your organization be open for international (EU, Japan, US, Korea, ...) collaborative research?

Yes, now ○　Yes, but later ○　No, never ○

図2.11　IMS2020のオンラインでの調査例

武蔵大学の梅田教授の「A study on VMI-based supply-chain system by simulation analysis」[11]の講演を報告する．

中野教授の「A Conceptual Framework for Sustainable Manufacturing by Focusing Risks in Supply Chain」[9]では，サプライチェーンのリスクを取り上げている．持続可能な生産のためには，このサプライチェーンのリスクを明確化し，解析することが重要で，その解析のためのモデル化手法を提案した（**図2.12**参照）．

Zacharewicz教授の「HLA Multi Agent/Short-Lived Ontology Platform for Enterprise Interoperability」[10]では，サプライチェーンを含むエンタープライズレベルの様々な解析には，エージェントベースのシミュレーションが有効で，その実装には米国DoDが開発した分散シミュレーションのアーキテクチャのHLA(High Level Architecture)が有効であると提案した

表2.3　KAT3とKAT4との関係

IMS2020 Research Topics Relations with Standardization (KAT4)	Interface Standards			Measurement standards					Process standards						
	Electronic information & data standards (format)	Communication & semantic standards (content)	Physical interface standards	Measurement standards for process efficiency	Measurement standards for energy efficiency	Measurement standards for manufacturing efficiency	Measurement standards for waste detection	Measurement standards for emission detection	Design process standards	Manufacturing process standards	Business Process standards	Closed loop management standards	Safety standards	Product & component standards	Material Standards
RT3.01 Modular Assembly /Disassembly Production Systems	x		x									x		x	x
RT3.02 Control for Adaptability				x		x									
RT3.03 Mutable Production Systems										x	x	x			
RT3.04 Lower Labour and Energy Cost Performance				x	x	x	x	x					x		
RT3.05 Interoperable Products and Production data exchange	x	x													
RT3.06 Build-to-Order - New Production Planning and Control Models for Complex Individualized Products	x	x													
RT3.07 Efficient Use of Raw Materials										x				x	
RT3.08 Model Based Engineering and Sustainability	x	x							x	x	x				
RT3.09 Cooperative & Mobile Manufacturing Systems	x	x													
RT3.10 High Performance (High Precision, High Speed, Zero Defect)										x				x	
RT3.11 Model-based Manufacturing	x	x													
RT3.12 Mechanical MicroMachining Enhancement													x	x	x
RT3.13 High Resolution Total Supply Chain	x	x													
RT3.14 High Accuracy Modelling	x	x													
RT3.15 Semantic Business Processes	x	x													
RT3.16 Extracting Higher Potential from Regional Cluster Based on Professional Virtual Collaboration Platforms	x	x							x	x	x	x			
RT3.17 Engineering Asset Management	x	x								x	x			x	
RT3.18 Semantic Based Engineering	x	x					x	x	x	x	x	x			
RT3.19 Forthcoming "Brown Fields" Re-Engineering	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
RT3.20 Advanced Automation for Demanding Process Conditions	x	x	x	x	x										
RT3.21 Business concept B2C-communities	x	x													
RT3.22 Knowledge Embedded Products		x													
RT3.23 Dealing with unpredictability									x						

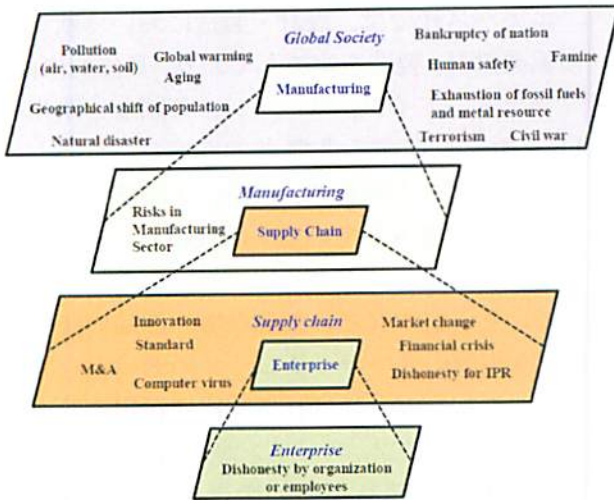



図 2.12　持続可能な生産のためのリスクの概要

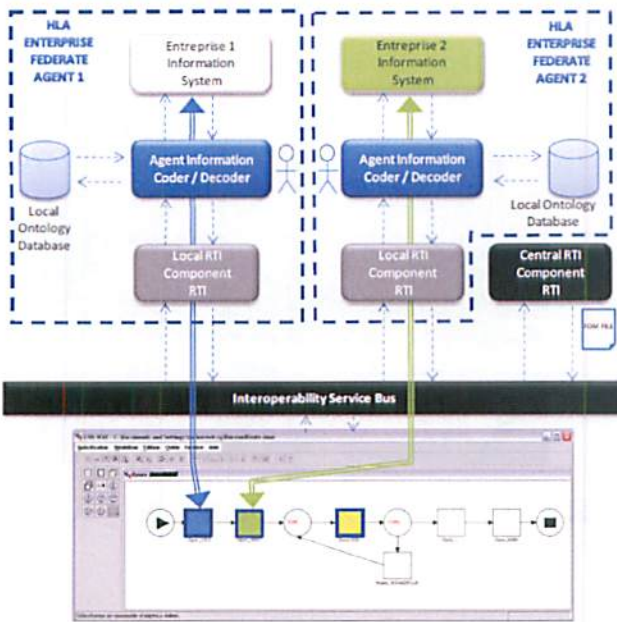



図 2.13　エンタープライズレベルの
評価のためのシミュレーション手法

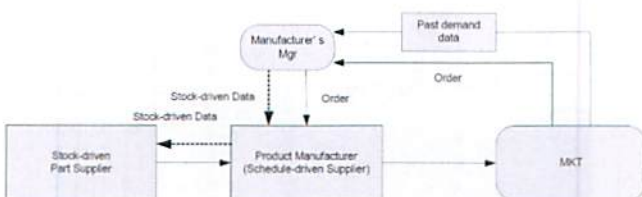



図 2.14　VMI 評価のシミュレーションモデル

(**図 2.13** 参照)．梅田教授の「A study on VMI-based supply-chain system by simulation analysis」[11]では，組立メーカ主導の JIT(Just In Time)手法に替わり，今後，部品メーカ主導の VMI(Vendor Managed Inventory)手法が重要となり，より効率的な VMI の運用法を評価するシミュレーション手法を提案した（**図 2.14** 参照)．これらの研究は，今後も引き続き研究される予定のため，継続的な調査が必要であると考える．

2.3　エアバス社本社トゥールーズ工場

欧州の航空機メーカのエアバス社本社トゥールーズ工場を訪問し，最新の航空機製造を調査した．エアバス社は，欧州の航空機メーカが米国の航空機メーカと対等に競合できるように，1970年にフランスのアエロスパシアル社とマトラ社，ドイツのダイムラー・クライスラー・エアロスペース社による企業連合として設立された[12]．その後，スペインのスペインのCASA社と英国の BAE システムズ社が加わった．エアバスは，国境を超えた欧州の 4 カ国が開発コストを負担し，市場専有率の向上を目指して設立された．本社は南フランスのトゥールーズ．従業員数は約 5 万 7,000 人．

エアバスの航空機群は 107 座席から 525 座席まで装備する 5 つのファミリーで構成される．単通路型のA320ファミリー（A318, A319, A320, A321)，ワイドボディ双発機のA300/A310ファミリー，長距離用のA330/A340，次世代機A350XWBファミリー，そして大型機のA380ファミリーがある（**図 2.15**[13]参照)．これらの航空機群の各機種間で機体構造，搭載システム，コックピット仕様，操縦性能などをできるだけ共通化することで，製造コストやメンテナンス等のコストを削減している模様．

近年，航空機の設計・製造について，世界的に革新的な技術が導入されている．エアバス社と競業する米国ボーイング社では，最近では，ボーイング 787 型機設計・製造において国際的な協業設計・製造を目指している．設計段階で

は，三次元CADを利用する協調設計をデータベースで実施している．生産準備段階では，設計で利用した三次元CAD情報を利用するシミュレーション技術を導入している（**図2.16**参照）[14]．製造段階では，機体部品などの搬送では，国際協業によるサプライチェーンの効率化を図るためドリームリフターと呼ばれる胴体搬送用の航空機を利用してJITを目指す．生産ラインではムービングラインと呼ばれる一定速度で機体を動かしながら製造する．これにより，機体のラインサイドの到着時間が管理でき，ラインサイドに必要な部品を必要なタイミングで準備し組立を実施できる管理体制により生産性を高めている．これにより1台/3日の生産目標を立てている．ドリームリフターの写真を**図2.17**[15]に示す．

エアバス社では，設計・製造において欧州内の協業設計・製造を実施しており，具体的には，フランス，ドイツ，スペイン，英国など欧州の16ヵ所に点在する各拠点で実施している[12]．ボーイング社と同様に，設計，生産準備でデジタル技術を導入している．最終組立は，フランス・トゥールーズとドイツ・ハンブルクで実施している．胴体などの大きな機体部品の搬送では，欧州内のサプライチェーンの効率化を図るため，ベルーガと呼ばれる胴体搬送用の航空機を利用し，ドイツ，スペインから搬送している．その他の機体部品などの搬送では，鉄道，船（海，川（ジロンド川）），トラックなどを利用している．部品の多くはフランス，ドイツ，スペインで作られており，距離的は，それほど離れている訳ではない．ただし，製造としてはJIT

図2.15　A380の写真[13]

図2.17　ボーイング社の部品輸送機
ドリームリフター[15]

図2.16　航空機の生産システムの
シミュレーションによる評価[14]

図2.18　エアバス社の部品輸送機ベルーガ[16]

という訳にはいかない状況にあるように感じる．どちらかというと適正部品在庫による在庫管理方式を採用しているように考える．なお，ベルーガによる部品空輸をボーイングに先駆けて実施しており，サプライチェーンの効率化を早くから積極的に実施している．ベルーガの写真を**図 2. 18**[16]に示す．

欧州以外では，北米には設計オフィスが，中国とロシアにはエンジニアリング・センターがある．2007 年 5 月には中国天津で A320 ファミリーの最終組立工場の建設が着工し，完成間近となっている[12]．

今回訪問したトゥールーズ工場は，極めて広い敷地を有している．トゥールーズ工場には，組立工場，部品倉庫，機体テスト，エンジンテスト，滑走路などの設備がある．トゥールーズ工場は，トゥールーズ・ブラニャック国際空港 (Toulouse Blagnac International Airport) が工場に隣接しており，ベルーガによる機体部品搬送のみならず，製造された機体のテストや受け渡しに利用されている．トゥールーズ工場の概要を**図 2. 19** に示す．トゥールーズは，南フランスにあり，近郊に大都市がなく，かつ，パリ上空のように飛行スケジュールが過密な地帯ではないため，航空機の飛行テストとしては適した地区である．

部品倉庫は，組立工場から数百メートル程度の場所にある．機体組立時は，順番に機体部品が搬送され，順序良く組み立てられる．自動車工場で良く利用されている「みずすまし」などの搬送も利用されている．エアバス社の組立では，すべての機種でドッグ式で組立を実施する．

今回は，A380 の組立を見学した．A380 は，総 2 階建ての飛行機で，民間航空機史上最も大きなワイドボディ機である．初飛行は2005年4月27日で，初期の構想から初飛行まで16年の歳月を要した．2006年12月に欧州航空安全局(EASA)と米連邦航空局(FAA)の型式証明を取得した[12]．

A380 の組立は，新規に建てられた専用の工場

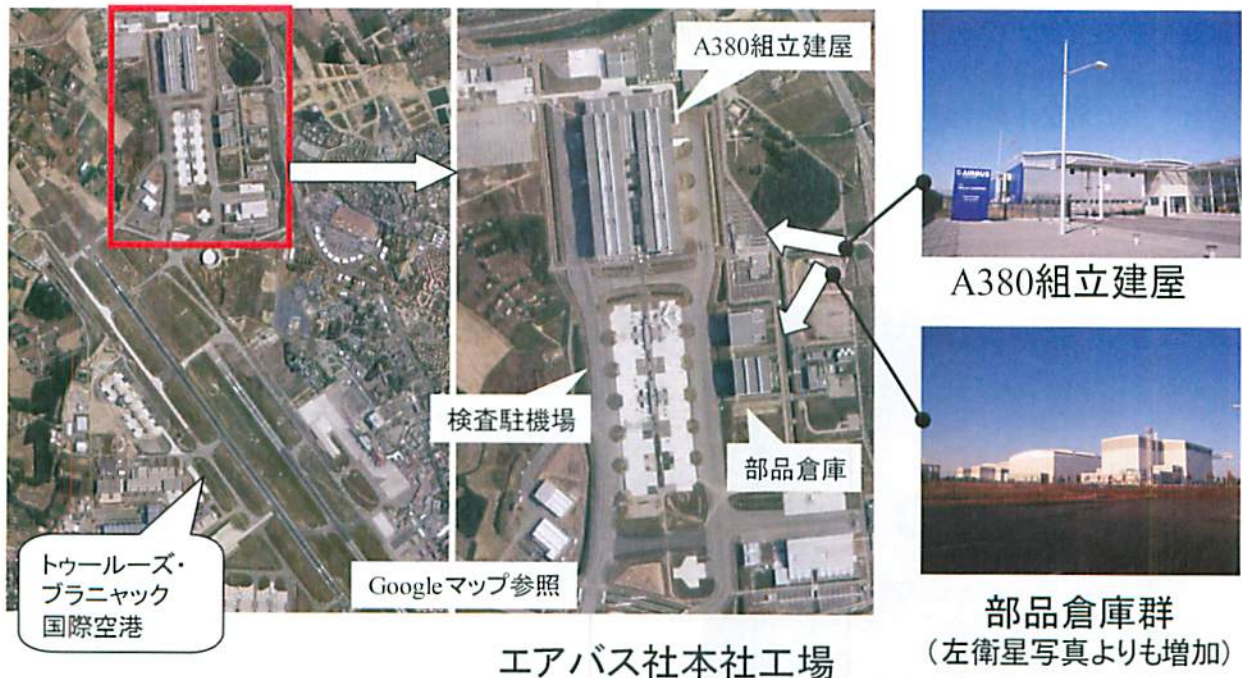



図 2. 19　エアバス本社トゥールーズ工場の概要

で組み立てられる．ムービングライン方式は採用していない．A380の組立工場では，機体毎に，小さな部品の垂直搬送用のエレベータが，機体先頭部と，尾翼部にある．この2箇所とエンジン組立の場所には，作業の効率化を考慮して足場が作られている．トゥールーズ工場は，3つの組立ドッグを持つ．ハンブルグにも1つの組立ドッグを持っている模様．おおよその作業スケジュールは，組立に1週間，工場内テストに2週間，工場外テストに3週間，ペイント（ハンブルグ工場）に1週間で，全体では7週間程度が必要とされる．テスト期間が長い．意外と組立の期間が短い．検査は，自動検査と人手による外観検査などがある．見学当日は，主翼のたわみ，組立誤差などを，目視で検査しており，意外と人間による外観検査が重要視されているように感じた．作業はゆっくり進んでいるイメージを持った．組立作業者は1,000人から3,000人規模である．チーム性で，2シフト，9時間労働である．

生産性の効率化を図るためには，組立工程への部品の供給が鍵となる．部品一つ一つが大きく，かつ，精密な部品が多いため，部品倉庫と組立工程との搬送方法とそのスケジューリングが重要である．現状の組立工程は，JITを実現するのは難しい印象を持つ．ムービングライン方式は一つの解決手段ではあるが，そのためには，今以上の組立スペースが必要になり，建屋を追加する必要があり，大きな投資が必要となる．テスト期間が長くなっており，検査工程の効率化は重要であると感じた．特に，外観検査については，人による検査を自動化に置き換えることで，検査品質の安定や検査時間の短縮化が図れると思われる．

工場に隣接してA380のモックアップセンターが併設されており，A380胴体部のモックアップが展示されている（**図2.20**参照）．1階と2階には，それぞれ，座席やクルーの仕事スペースなどが，模倣されている．A380の商談の際には，このモックアップセンターが活用されている．

図2.20　A380モックアップセンター

第2章の参考文献

1) http://www.ipsj.or.jp/10jigyo/iinkai/IFIP/tc5.html, (2010).
2) http://www.deljpn.ec.europa.eu/relation/showpage_jp_relations.science.fp7.php, (2010).
3) Fourastier Y., Federated means for great destinies required for industrial alliance strategies: risk sharing, virtual platforms and integrated logis, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
4) Lagouardep P., The healthcare information system: perspectives and challenges, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
5) Doumeingts G., 30th Anniversary of IFIP W.G. 5.7INTEGRATED Production Management APMS, CD-ROM, (2009).
6) Hibino H., et al., Simulation Simulation Model Driven Engineering for Manufacturing Cell, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
7) Taish M., Introducing Energy Performances in Production Management: Towards Energy Efficient Manufacturing, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
8) http://www.ims2020.net/, (2010).
9) Nakano M., A Conceptual Framework for Sustainable Manufacturing by Focusing Risks in Supply Chain, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).

10) Zacharewicz G., HLA Multi Agent/Short-Lived Ontology Platform for Enterprise Interoperability, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
11) Umeda S., A study on VMI-based supply-chain system by simulation analysis, Proceedings of APMS2009, CD-ROM, (2009).
12) http://www.airbusjapan.com/, (2010).
13) http://ja.wikipedia.org/wiki/AB:Airbus_A380_Paris_Air_Show.jpg, (2010).
14) Lu R., et al., Manufacturing process modeling of boeing 747 moving line concepts, Proceedings of Winter Simulation Conference 2002, CD-ROM, (2002).
15) http://ja.wikipedia.org/wiki/:747_400LCF_DREAM_LIFTER.jpg, (2010).
16) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Airbus_Beluga.jpg, (2010).

3. ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究

3.1 まえがき

利益確保のための現場改善や，売り上げ増大を図る製販一体化のためには，安価で，かつ容易に，製造現場の情報連携を図ることができる標準化やオープン化された IT 技術の導入を進めることが重要である．また，2007 年問題などにより，高いスキルを持つ作業者が減少し，技術や技能の伝承が問題となり，その一方で，誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術が必要とされている．さらに，特に工作機械などの工場設備の海外輸出比率は高く，そのため，グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みが求められている．

これらの課題を整理すると，「①標準化やオープン化された IT 技術の導入促進」，「②誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術の開発」，および，「③グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みの開発」の 3 項目となり，①と②に関しては，前身研究[1)2)3)4)5)]により解決を図ってきた．

まず，「①標準化やオープン化された IT 技術の導入促進」に対しては，前身研究[1)2)3)]において，工場内で標準技術と接続する技術開発が立ち遅れていた工作機械に関し，異メーカ，新旧の工作機械を，標準技術の一つである ORiN(Open Resource interface for the Network[6)])に接続運用する方式を開発し，この成果と関連する標準化団体との相互成果により，標準技術による異メーカ，異機種，新旧機器の情報と，製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境を構築[7)8)9)]した．さらに，本環境を活用し，マルチメディアで機器監視を行う 3-D 表示遠隔監視システム[10)]などの応用システムを提案した．

つぎに，「②誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術の開発」に対しては，前身研究[4)5)]において，異メーカ，新旧工作機械向けに，工作機械内の工具と素材，および治具などとの衝突事故を防止する仕組みである「工作機械内衝突防止システム[11)12)13)]」の手法を提案し，試作システムを開発した．本システムは，素材や治具などの三次元モデルをあらかじめ作成して，シミュレーションにより衝突を予知するような従来方式では，解決困難であった現場の段取り間違いによる衝突事故に対し，段取り後の素材や治具を三次元レーザスキャナで計測し，その情報と，標準技術により取得した NC 装置の情報とを照合することで，衝突を予知する方式とした．この開発により，誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための一技術が提案できた．

本研究ではさらに，「③グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みの開発」の課題に取り組む．

従来の遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する手法としては，例えば工作機械などの機器メーカが，インターネットにより，ユーザ企業の工場内の機器の制御装置画面を閲覧しながら保守を行う遠隔保守の仕組みを活用しはじめている．

しかし，この従来方式は，機器メーカ毎に開発されているため，異メーカの機器が混在する工場への適用が困難である．また，これらは制御装置画面を閲覧する方式が主であるため，機器の姿勢，素材などの周辺の状況までは把握できず，故障診断に手間がかかる場合がある．さらに，ユーザやサービス会社が保有する保守説明書，およびユーザが蓄積した保守記録などの分散したドキュメントを管理し，必要に応じて検索して利用する仕組みもあわせて必要である．

さらに，この従来方式は，機器メーカの保守支援専用であるため，機器メーカと工場との間のコラボレーションに利用が限定され，例えば工場を持つ企業側の設計拠点と製造拠点との間や，工場と顧客間などのような普段のコラボレーションに用いることができない．

そこで，本研究では，これまでの研究成果を活用しつつ，遠隔監視システム，分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システムの情報を，製造業向けに特化した TV 会議の仕組みである遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により，拠点間で同視点表示し，共通ポインタと会話により作業支援や保守支援を行うシステム

をポータル・コラボレーション型生産支援システムと呼ぶことにし，本システムの実現手法を提案する．特に，本システムは，工作機械などの機器メーカが導入するシステムではなく，工場を持つ企業自身が導入することを考慮することで，工場を持つ企業の設計拠点と製造拠点間などのような普段のコラボレーション用途にも利用できるようにする．

一方，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により共有する情報の源である工場側の監視技術，および安全技術のより高い完成度と利便性が求められる．そこで，特に安全技術に着目し，その一つとして前身研究で開発した「工作機械内衝突防止システム」を機能拡張し，自動運転直前に加工シミュレータで NC プログラム全体に対して衝突予知を行う「シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システム」などの周辺アプリケーションも開発する．

本研究は，2ヵ年計画であり，初年度の平成 20 年度は，ポータル・コラボレーション型生産支援システムのための遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の開発を行った [14][15][16][17][18][19][20]．また，周辺アプリケーションの一つであるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムの開発も行った [14][15][16][17][18][19][20]．さらに，これらの研究成果の普及活動として，JIMTOF2008 などの展示会出展やセミナなどを開催し，多くの関連業界の方に研究成果を紹介した．

さらに，最終年度である平成 21 年度は，平成 20 年度に開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により共有する工場側の遠隔監視システムやドキュメント管理システムの機能の充実を図るとともに，研究成果の普及活動を行った．

具体的に，遠隔監視システムやドキュメント管理システムの充実では，これまでの研究で開発した遠隔監視機能の一つである 3-D 表示遠隔監視システム [9] の課題であった 3-D モデルの作成工数の削減に対して，機器，製品，および仕掛品などの写真を 3-D モデルの代用とし，写真の表示切り替えにより多角点からの表示と，写真に写っている例えばスイッチなどの部位に関連したドキュメントを検索することが可能な多角点画像リンクシステムを試作開発した．

さらに，監視中に蓄積した動作履歴のデータベースの情報により，監視用のアプリケーションシステムを再生動作させ，例えば機器の故障時の機器の振る舞いなどを再現することが可能な障害状況再現システムを開発した．

また，これらの研究成果の普及活動として，2009 国際ロボット展などの展示会出展や，研究成果を教材としたセミナなどを開催した．

本報では，平成 21 年度の研究成果報告として，本研究の背景・目的，ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト，多角点画像リンクシステム，障害状況再現システム，および研究成果の普及活動について報告する．

3.2 背景・目的

遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する従来手法は，前節で述べた通り，機器メーカ毎に開発しているため，異メーカの機器が混在する工場への適用が困難であったり，機器の周辺状況の把握やドキュメントの取り扱いなどの機能が不十分であったりする．また，機器メーカと工場間のみならず，工場を持つ企業側の設計拠点と製造拠点間や，工場と顧客間などのような普段のコラボレーションに利用できないなどの課題がある．

そこで，工場を持つユーザ企業や，工場の情報システム化を手がける SIer などからもヒアリングを行った結果，具体的に解決すべき課題として次があがった．

（監視機能の拡充）

① 異メーカ，異種，新旧機器への対応
② 制御装置の情報のみならず，機器の姿勢，ワークの状態などの機器の周辺情報の取扱い

（分散する既存ドキュメントや知識の管理）

③ ユーザ，サービス会社などで分散して保有するドキュメントの管理
④ 機器の状態や，目の前の機器の部位を指し示すことで必要なドキュメントを検索する機能

（グローバル環境でのコラボレーション機能）

⑤ 工場と機器メーカのみならず，工場と顧客間などのような普段のコラボレーション
⑥ 中小企業への導入を考慮し，安価に導入可能

であり，かつセキュアに運用可能な仕組み

そこで，図3.1に示すような工場側の異メーカ，異機種，新旧機器の情報と，製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境，その環境を用いた遠隔監視・管理システム，インターネット上に分散した機器メーカ，機器のサービス会社，ユーザが保有する個々の機器に関する取扱説明書や保守説明書などを管理活用するドキュメント管理システム，およびこれらの情報を拠点間で相互にコラボレーションをしながら活用するTV会議システムなどから成るポータル・コラボレーション型生産支援システムを提案し，これらの課題解決を図ることを本研究の目的とした．

3.3 ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト

ポータル・コラボレーション型生産支援システムは，遠隔監視・管理システム，ドキュメント管理システム，および遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能から構成され，それぞれ次のような特徴を持つ．

まず，遠隔監視・管理システムでは，前身研究の成果である工場内情報連携環境（図 3.2）を活用することで，「①異メーカ，異種，新旧機器への対応」を解決した監視などの応用システムを用いる．また，「②制御装置の情報のみならず，機器の姿勢，ワークの状態などの周辺状況の取扱い」に対しては，同じく前身研究の成果である3-D表示遠隔監視システム（図 3.3）を活用し，文字や数値による制御装置の情報の監視に加え，3-D モデルやカメラ画像による機器の姿勢，ワークの状態などの周辺情報の取扱いを可能にする．さらに，監視のみならず，監視の際に収集した動作履歴により，3-D 表示遠隔監視システムなどの監視用アプリケーションを再生表示することで，例えば機器の故障時の機器の振る舞いなどを再現することが可能な障害状況再現システムなども提案する．

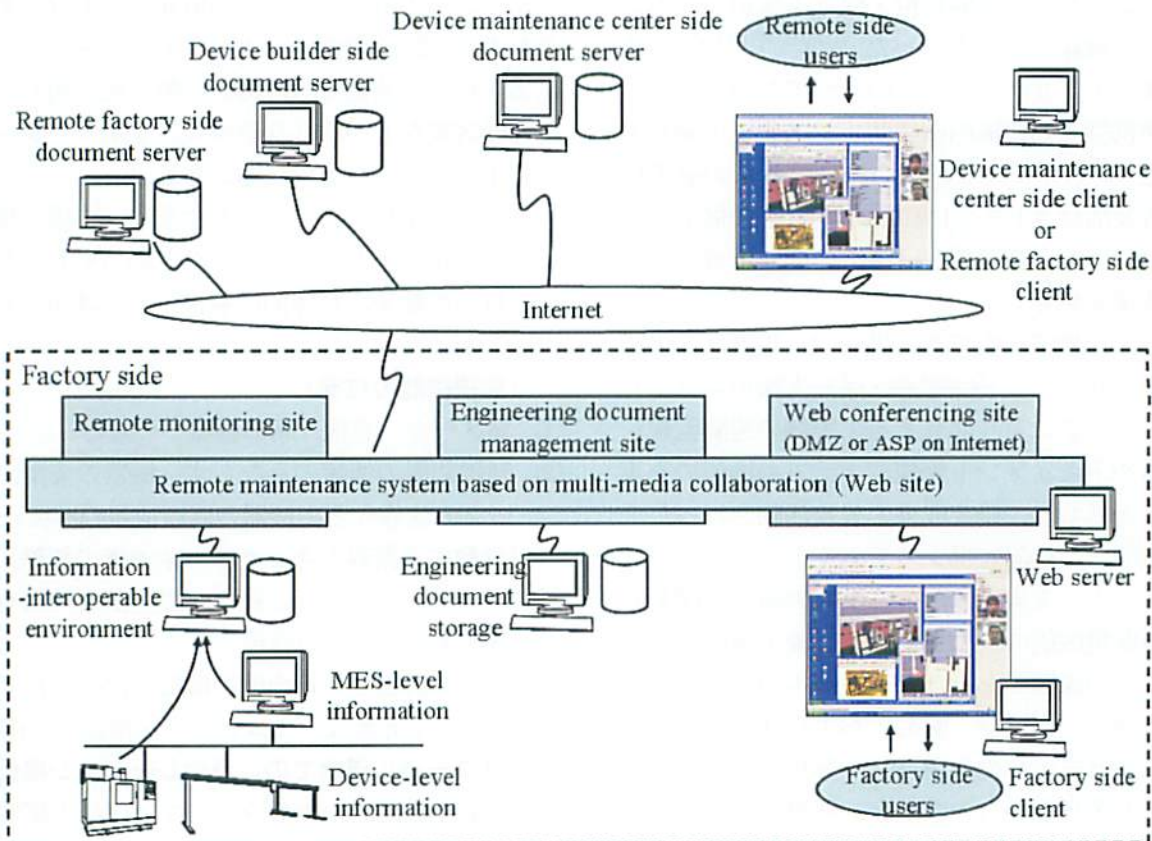



図3.1 ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト

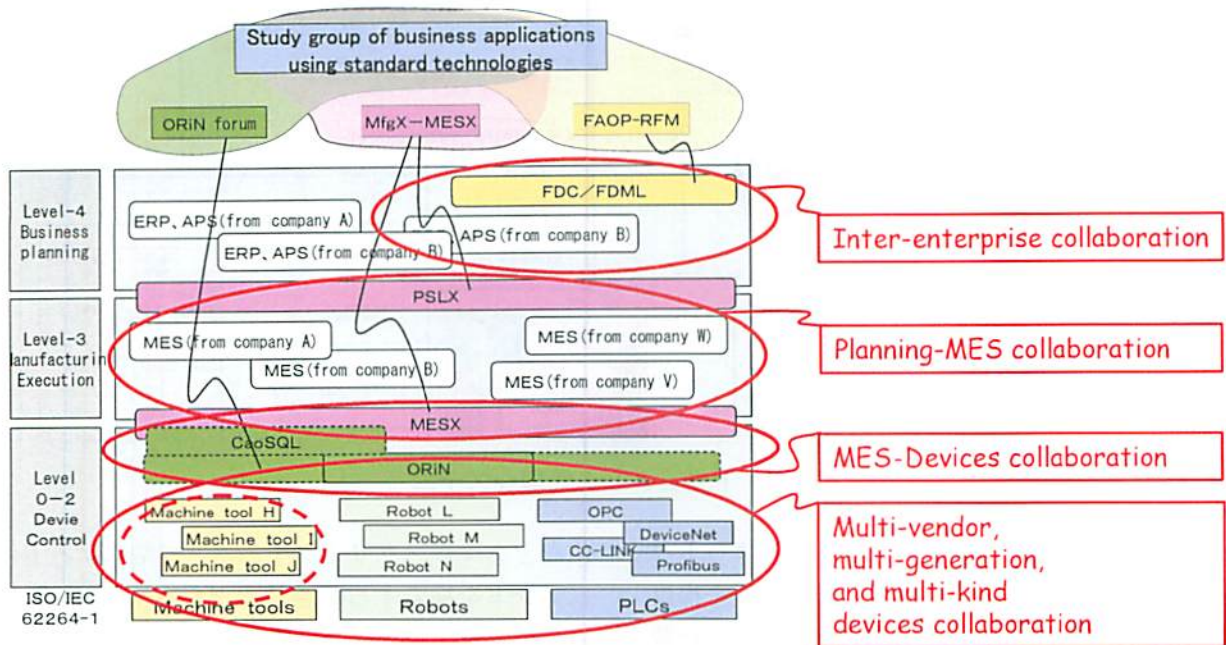



図 3. 2　工場内情報連携環境

図 3. 3　3-D 表示遠隔監視システム

つぎに，ドキュメント管理システムとしては，工場を持つ企業内のイントラネット内において，企業内で分散して保有されている本来共有すべきドキュメントを管理し，利用可能にすべきである．特に，機器の取扱い説明書，保守説明書，および作業担当者などが作成したメモなどは，機器の操作担当者が管理していて，その担当者が休暇中や出張中であったり，あるいは退職してしまったりした場合，見つけ出すのに手間がかかることが見受けられる．

そこで，本ドキュメント管理システムでは，こ

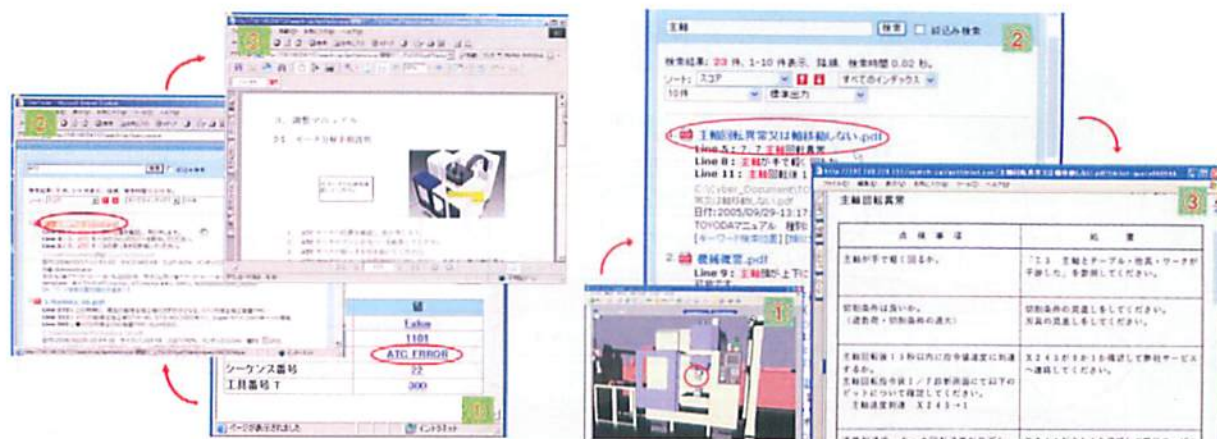



図 3.4　ドキュメント管理システム

れらの分散管理されたドキュメントを，ネットワークなどを用いて一元的に検索可能な機能を提供する．具体的には，ネットワークで接続された散在するパソコンにドキュメントを格納しておく．この時，もともとパソコンなどで扱えるファイルとして存在するドキュメントはそのままの状態で，紙に記載された状態のドキュメントについてはスキャナで読み取り，PDF(Portable Document Format)などの形式に変換し，なおかつOCR(Optical Character Reader)処理などによりドキュメント内の文字を認識させた状態で保管する．さらに，ドキュメント検索のためのサーバパソコンをネットワーク上に置き，市販のドキュメント検索エンジンなどを活用して，分散管理されたドキュメントが所在するパソコンやホルダに，検索のためのリンクを付けておく．さらに，工場のイントラネット内のみならず，機器の保守会社，機器メーカのサイトなどのインターネット上に分散されたドキュメントサーバともアクセス権限があれば検索対象とする機能などを設ける．これらにより，「③ユーザ，サービス会社などで分散して保有するドキュメントの管理」の課題に対応する．

一方，「④機器の状態や，目の前の機器の部位を指し示すことで必要なドキュメントを検索する機能」の課題に対応するため，ドキュメント検索の際の検索キーは，3-D 表示遠隔監視システムと連携して，監視情報として表示される機器のエラー番号や，3-D モデルとして表示される機器の部位などをマウスクリックすることで関連するドキュメントを検索する機能[15]などを有する(図 3.4)．さらに，本ドキュメント管理システムは，3-D 表示遠隔監視システムで活用している 3-D モデルの部位からのドキュメント検索のみならず，3-D モデルの代わり，機器，製品，および仕掛品などの写真を代用し，写真の表示切り替えにより多角点からの表示と，写真に写っている例えばスイッチなどの部位に関連したドキュメントを検索することが可能な多角点画像リンクシステムなども提案する．

遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能は，遠隔監視・管理システムによる監視情報，およびドキュメント管理システムによるドキュメント情報などの同一表示画面を，拠点間で同時に閲覧し，拠点間で共通操作可能なマウスカーソルなどで，表示中の文字情報，画像，および 3-D モデルの部位を指し示しながら会話をすることで遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うためのコラボレーション環境を提供する．

本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のシステム構成は，図 3.5 の通りである．本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能では，工場を持つ企業の工場や設計部門，営業部門などのイントラネットの環境下にある複数の拠点のみならず，顧客や機器メーカなどのようなエクストラネット環境下の拠点も含め，同時に複数拠点が参加したコラボレーションを行うことを考慮する必

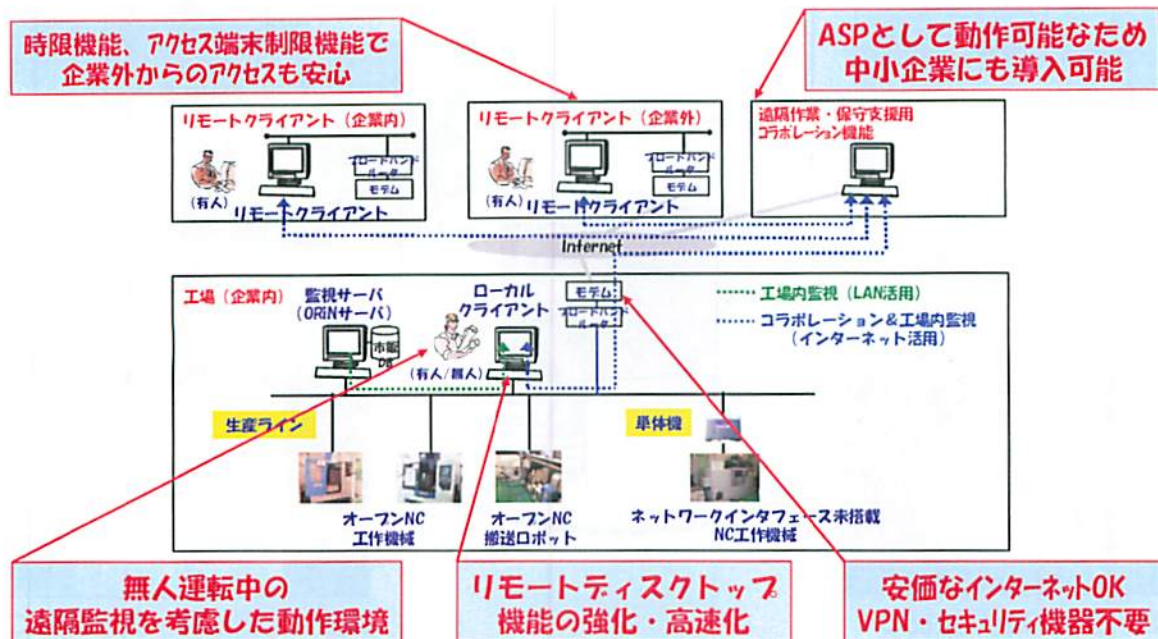



図 3.5　遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のシステム構成

要がある．そのため，本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のサービスを提供するサーバは，インターネット上に ASP(Active Server Pages)サーバとして設置する．ASP サーバとすることで，工場を持つ企業自身がこのサーバを設置しても，ASP 業者などが設置しても良い．後者の場合は，ASP 業者が賃貸することで，工場が安価な月極め契約で利用できるようにすることも可能である．

また，ASP サーバ側には，必要に応じて VPN の機能を設け，接続する各拠点は，VPN のソフトウェアクライントを用いて ASP サーバと接続することで，セキュアな接続環境を提供する．この各拠点で VPN のソフトウェアクライントを用いることにより，各拠点のインターネット接続環境に VPN ルータなどの特別な装置を設けなくてもよく，結果的に安価なインターネット接続環境でも利用可能となる．

さらに，ASP サーバ上の遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能に，企業外などのエクストラネットでの利用を考慮して，時限的に企業外からコラボレーションに参加可能となるアカウントを発行する機能を設ける．また，紙の図面や，製品現物などを高画質な画像として扱い，拠点間で同じビューで閲覧したり，相互に指し示したりすることができる機能として，高機能なアプリケーション共有機能を盛り込む．さらに，遠隔地から工場の無人端末に接続し，工場内 LAN に接続されている機器の状態監視を行うような場面を想定し，無人端末に対して，パスワードなどの入力により，セキュアに遠隔監視を行うことができるようにする機能も合わせて準備する．

これら遠隔監視・管理システム，ドキュメント管理システム，および遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能から成るポータル・コラボレーション型生産支援システムは，例えば，図 3.6，および次の①～③に示す利用場面で活用可能である．

① イントラネット／エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション
② イントラネット／エクストラネットにおけるリモート有人端末と，ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション
③ リモート有人拠点から，工場内の無人拠点の監視・操作

図 3.6　活用場面の例

「①イントラネット／エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション」では，高画質カメラの対応や時限的なアカウント発行の機能により，例えば，工場と設計部門との場所が離れている場合で，紙の図面や仕掛製品などの現物を相互に見ながら急な設計変更や製造方法に関する打ち合わせなどに対応可能である．

「②イントラネット／エクストラネットにおけるリモート有人端末と，ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション」では，ウェアラブルコンピュータの利用を考慮して，現場の操作を極力少なくても利用可能な仕組みの開発などにより，例えば，遠隔拠点から，ウェアラブルコンピュータに対して，画像，3-D モデル，機器の状態情報，およびドキュメントなどを表示させ，双方で，同じ画面を，同じビューで閲覧したり，指し示したりすることで遠隔作業・保守支援が可能である．

「③リモート有人拠点から，工場内の無人拠点の監視・操作」では，無人端末に対して，パスワードなどの入力により，セキュアに遠隔監視可能な機能を設けることで，安価なインターネット環境でも工場の監視が可能である．

3.4　多角点画像リンクシステム

3.4.1　背景・目的　ポータル・コラボレーション型生産支援システムは，異機種・異メーカの機器の情報の取扱いが可能な遠隔監視システム，分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システムなどの情報を，製造業向けに特化した TV 会議の仕組みである遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により拠点間共有し，遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うシステム仕組みである．その際，本仕組みにおいて，特に遠隔監視システムの一部である 3-D 表示遠隔監視システムが提供する機器などの 3-D モデルを，拠点間で，同一視点で表示させ，同一のマウスカーソルを用いて，「そこ」，「ここ」といったこそあど言葉を交えながら会話ができる機能を有することは，拠点間の意思疎通の方法として大変有益である．

しかし，3-D モデルの作成は，例えば工作機械などの機器の場合，3-D モデルの元となる CAD データを工作機械メーカから入手することが困難であり，また，仮に入手ができても，たとえ同種類の工作機械でも取り付けられているオプションが異なったり，マテハンなどの周辺機器が異なったりすることがあり，そのまま使えないことがある．

仮に，3-D 表示遠隔監視システムが扱う 3-D モデルを CAD で新規に作成する場合，小型のマシニングセンタで，5 人日 25 万円程の費用が掛かるとの試算も得ており，構築コストが課題となる．さらに，素材や仕掛り品などについては，もともと CAD データが無いことが多く，しかも加工工程途中の形状変化や，組立工程による他の部品との結合など，3-D モデルとして扱うには手間が掛かる対象物もある．

そこで，デジタルカメラなどで撮影した機器の周辺写真，素材や仕掛り品の現物写真などを，3-D モデルに代わるメディアとして扱い，例えば，複数の機器の周囲の写真や，部分的な拡大写真を視点の変更を想定した順序に並べ替え，さらに写真に写ったスイッチ類などに関連するドキュメントの検索キーを付加して，ドキュメント管理システムとも連携運用可能な多角点画像リンクシステムを提案する．これにより，3-D モデル作成のコストの課題解決が図れ，さらにもともと 3-D モデルとして扱いにくい素材や仕掛り品の情報も，ポータル・コラボレーション型生産支援システムにおいて活用可能となる．

以下に，多角点画像リンクシステムのコンセプト，多角点画像リンクシステムの開発，および検証実験などについて報告する．

3.4.2 多角点画像リンクシステムのコンセプト

ポータル・コラボレーション型生産支援システムにおける 3-D 表示遠隔監視システムの活用方法の代わりとなりうるシステムとして，多角点画像リンクシステムの機能要件を検討した．

もともと 3-D 表示遠隔監視システムは，異メーカ，異機器が散在する工場の遠隔監視用として開発したものである．従来の監視方式は，カメラ画像や制御装置の情報を通信回線で取得し，パソコンに表示する方法が主であった．そのため，例えばカメラ画像の場合，表示が実画像であるため，臨場感はあるものの，カメラの設置位置や照明などの条件により監視箇所に制限がある．また，制御装置の情報は，詳細な数値や文字情報として取得できるが，臨場感に欠け，直感的な状況把握が困難である．そこで，3-D 表示遠隔監視システムでは，工場内の機器の状態に追従動作する 3-D モデル，カメラ画像，および制御装置の情報などのマルチメディア情報を統合表示可能な機能を設けた．また，3-D 表示遠隔監視システムは，ネットワークミドルウェアの標準技術の一つである ORiN を活用しているため，異メーカ，異機種の機器に適用可能である．

一方，本ポータル・コラボレーション型生産支援システムにおける 3-D 表示遠隔監視システムの主な役割は，通常利用される監視のためだけではなく，ポータル・コラボレーション型生産支援システムで会話をしている相手に対し，作業や保守作業などで注目してもらいたい機器の部位付近まで誘導したり，具体的な機器の部位に注目してもらうための指示をしたりする用途でも用いられる．**図 3.7** は，ポータル・コラボレーション型生産支援システムの利用場面例として，インストラクタ側の作業指示者が，オペレータ側の作業者のポータル・コラボレーション型生産支援システムの端末画面を閲覧，および操作をしながら，保守支援を行っている際の接続イメージを示したものである．また，**図 3.8** は，このポータル・コラボレーション型生産支援システムの利用場面例における会話，および 3-D 表示遠隔監視システムやドキュメント管理システムの利用の様子を示したものである．この**図 3.8** では，特に同図の(5)～(12)に示す箇所で，3-D 表示遠隔監視システムが利用されている．また，(14)～(19)の通り，3-D 表示遠隔監視システムの 3-D モデルをもとに，必要なドキュメントを検索することにも利用されている．具体的には，機械の特定部位付近への作業者の誘導，該当箇所の指示，およびドキュメントの検索において，3-D 表示遠隔監視システムの 3-D モデルが使われている．

これらのことから，写真をベースにした多角点画像リンクシステムを，3-D モデルの代わりに活用する場合，少なくとも次の 2 点の機能要件を満たしている必要がある．

(1) 機械の特定部位付近への作業者の誘導，および該当箇所の指示が可能となるよう，機器の部位を撮影した複数の写真を，位置関係がわ

図3.7　ポータル・コラボレーション型生産支援システムの接続イメージ例

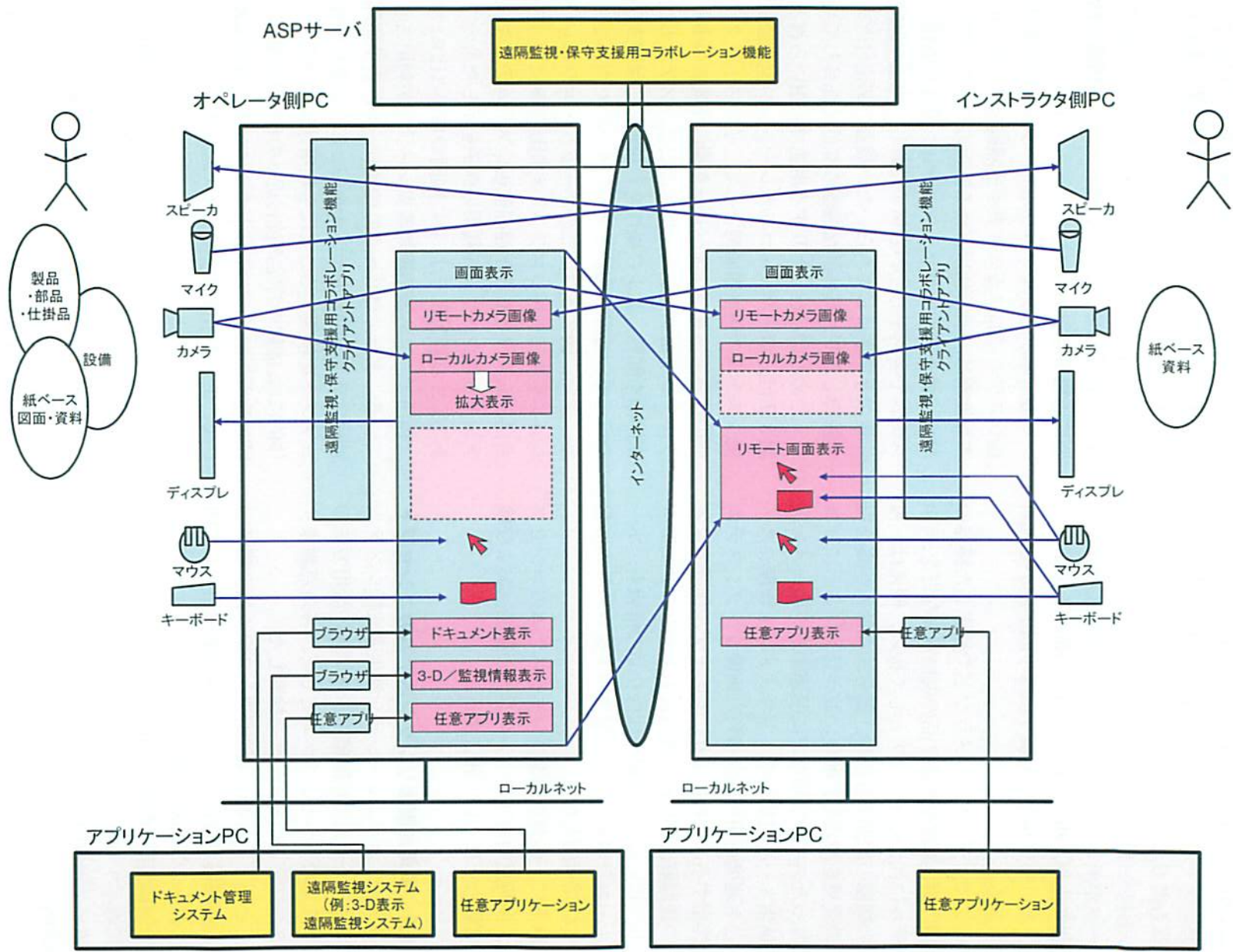
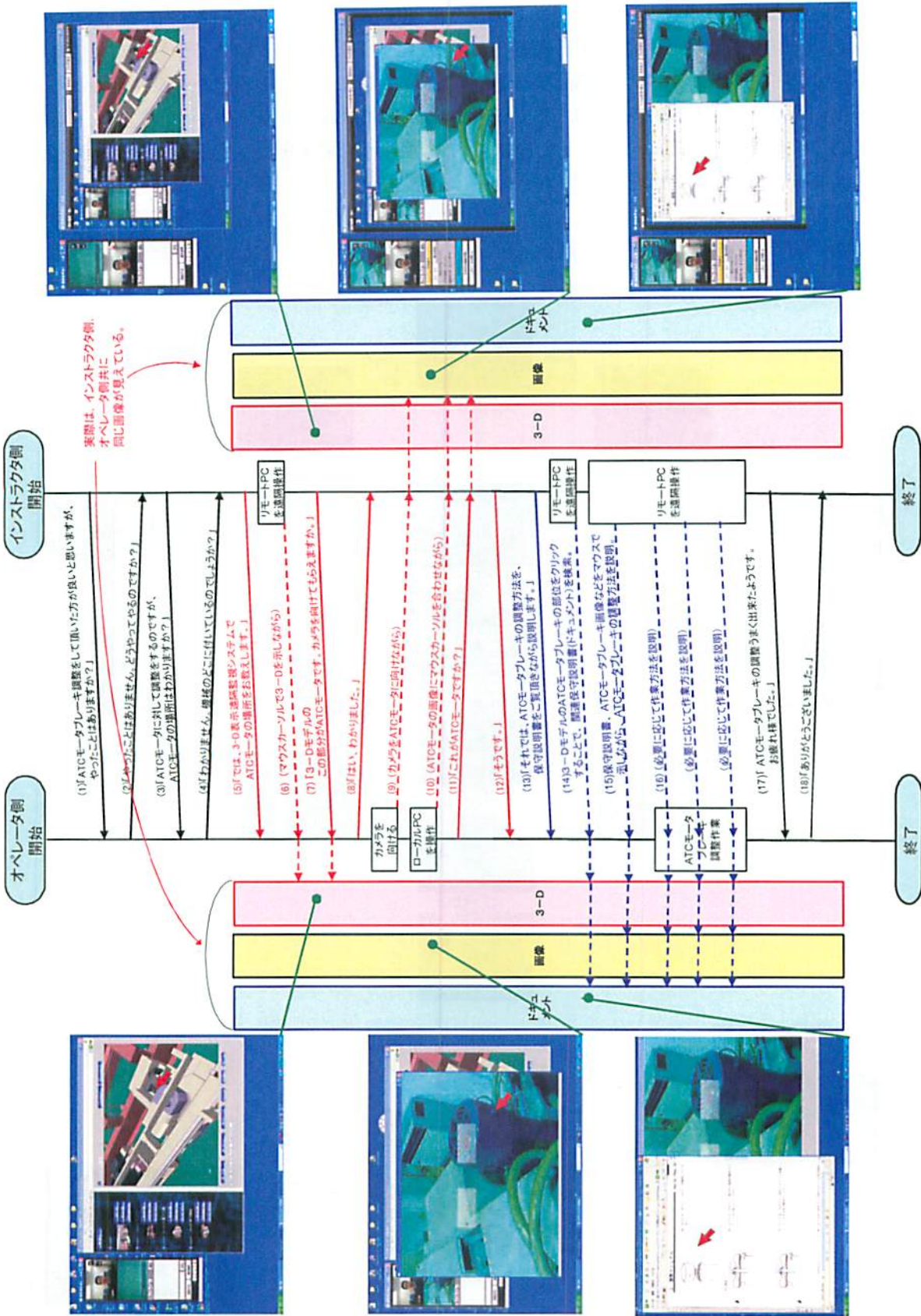



図 3.8　ポータル・コラボレーション型生産支援システムにおける
3-D 表示遠隔監視システムの活用例

かるように配置して，ドキュメントやウェブページ化し，切り替え表示可能とする機能

(2) 写真に写っている例えばスイッチ，部品などの特定部位の識別と，名称属性の付加，および名称属性から関連するドキュメントを検索するためのドキュメント管理システムとの連携機能

(1)の機器の部位を撮影した複数の写真を，位置関係がわかるように配置して，ドキュメントやウェブページ化し，切り替え表示可能とする機能については，機器の周辺をデジタルカメラなどで撮影した複数の写真の中から，必要なものを自在に選択し，図 3.9 に示すように，例えば視点移動の順序や，ある写真と，その部分拡大の写真などのような関係付けをしながら配置してドキュメントやウェブページ化し，切り替え表示可能にする．

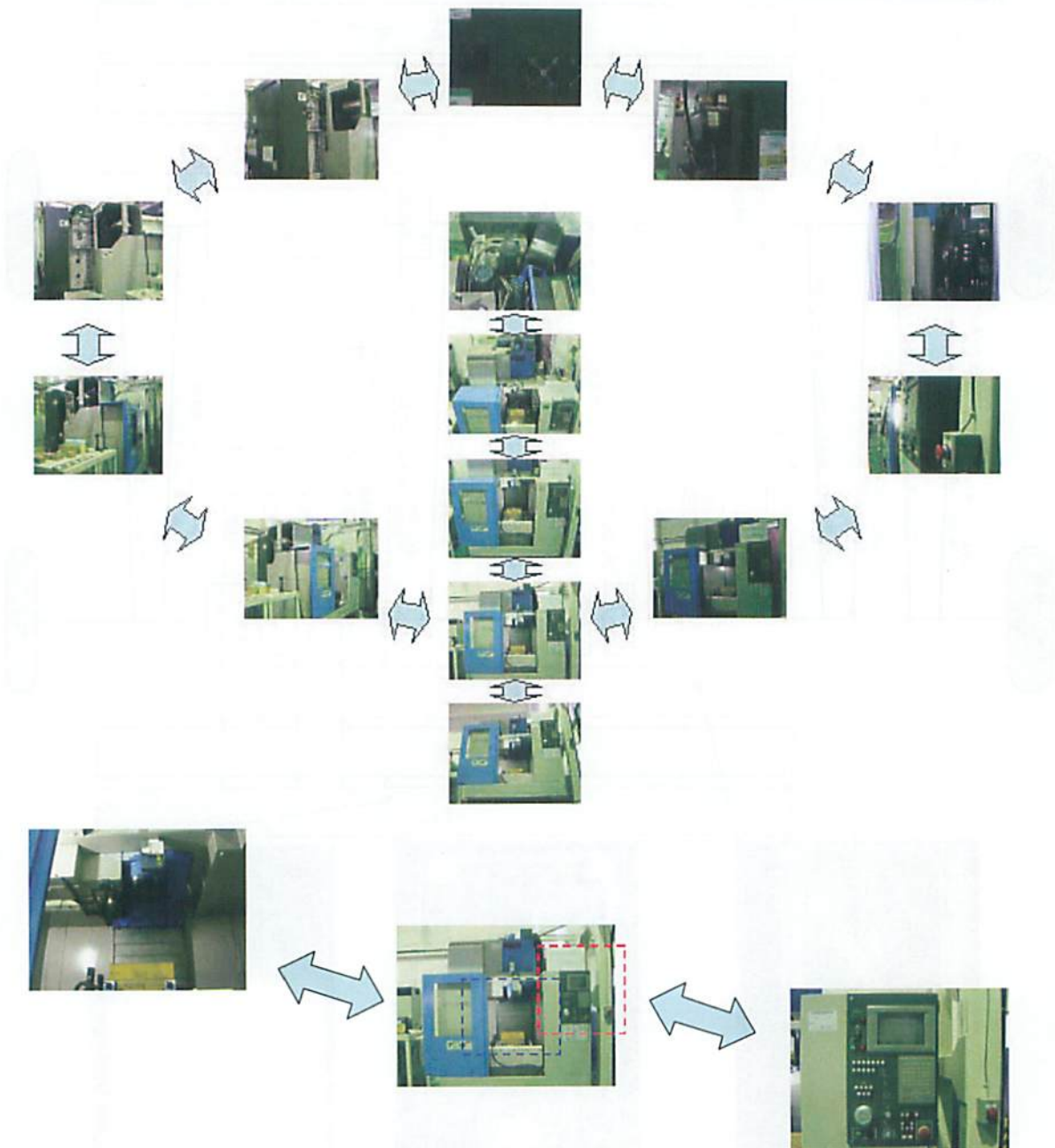



図 3.9　写真の選択と視点移動を考慮した配置

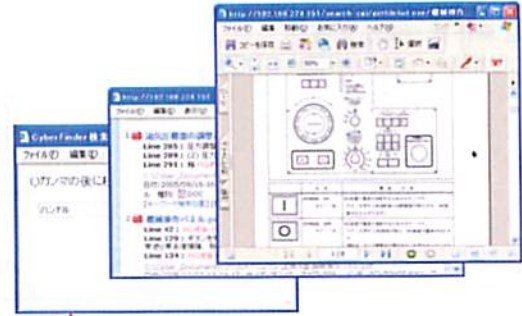



図 3.10　ドキュメント管理システムとの連携

また，(2) の部品などの特定部位の識別と，名称属性の付加，および名称属性から関連するドキュメントを検索するためのドキュメント管理システムとの連携機能については，図 3.10 に示すように，写真に写ったスイッチなどの特徴部位を切り出し，ドキュメント管理システムに検索キーワードとして渡せるような名称属性を付加する機能を設ける．さらに，その部位をマウスクリックすることで，ドキュメント監視システムのドキュメント検索用 ASP プログラムに名称属性を検索キーワードとして渡し，必要なドキュメントを検索させる機能を設ける．

3.4.3　多角点画像リンクシステムの開発　前項で述べたコンセプトに基づく多角点画像リンクシステムを開発した．ここでは，開発した多角点画像リンクシステムの構成，基本動作，管理画面の機能，およびユーザ操作画面の機能について示す．

(1)　多角点画像リンクシステムの構成

多角点画像リンクシステムは，図 3.11 に示す通り，1 台のサーバパソコンに構築され，ポータル・コラボレーション型生産支援システム内では，ドキュメント管理システムと同一のローカルネットワーク上に設置する．多角点画像リンクシステムを利用するクライアントは，同ローカルネットワーク上に設置したブラウザが動作するパソコンであれば良く，アクセスに関するセキュリティが必要な場合は，多角点画像リンクシステムサーバのサーバ OS (Operating System) の機能を活用したり，ローカルルータなどを設けたりすることで別途，行う．また，遠隔地からインターネット経由で本多角点画像リンクシステムを利用する場合は，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能により，多角点画像リンクシステムサーバと同一ローカルネットワーク上のクライアントを画面共有して間接的に利用するが，VPN (Virtual Private Network) などを用いて，直接アクセスし，活用しても良い．

(2)　多角点画像リンクシステムの基本動作

開発した多角点画像リンクシステムの基本動作は，対象機器の複数の写真が貼り込まれ，ドキュメント管理システムともリンクが可能な画面であるユーザ用操作画面による動作と，ユーザ用操作画面を作成するための管理用画面による動作の 2 種類がある．

管理用画面による動作では，図 3.12 に示すように，クライアントから多角点画像リンクシステムサーバの管理画面の ASP を呼び出し，デジタルカ

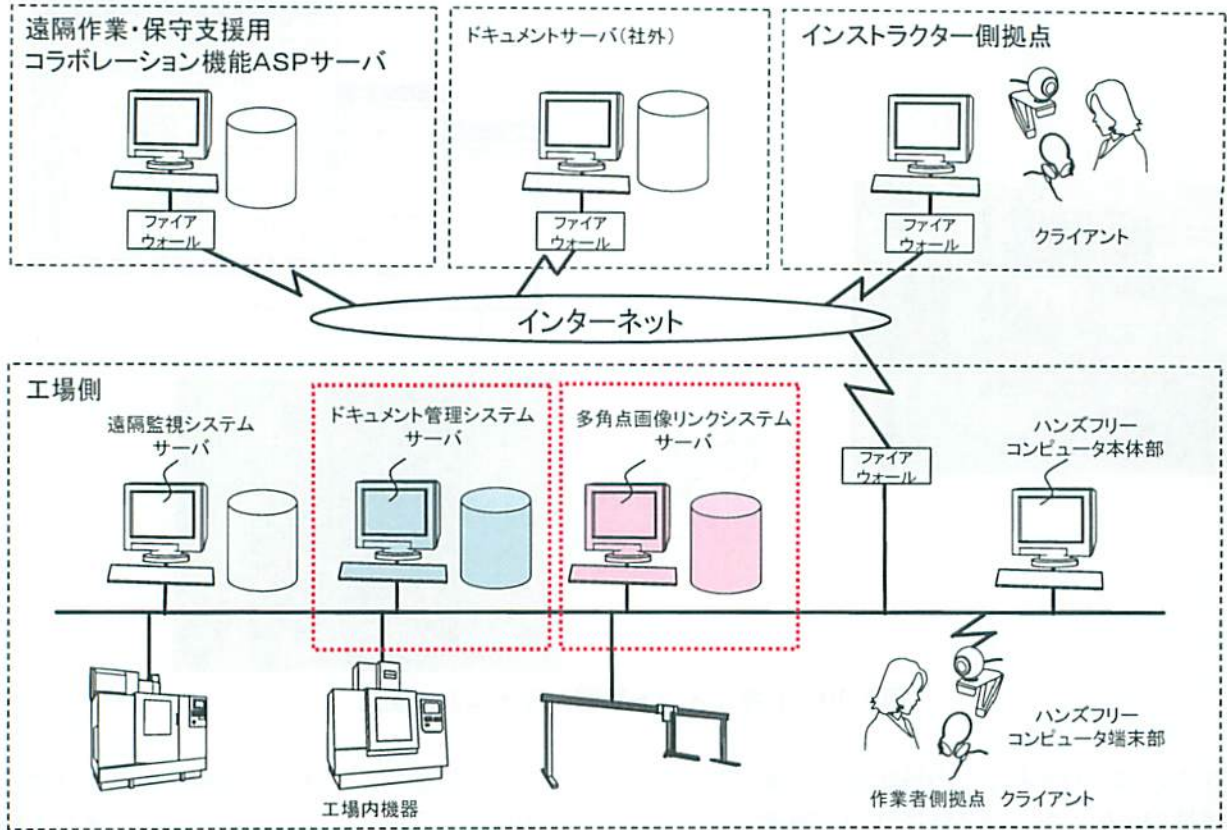



図 3.11 多角点画像リンクシステムの接続構成

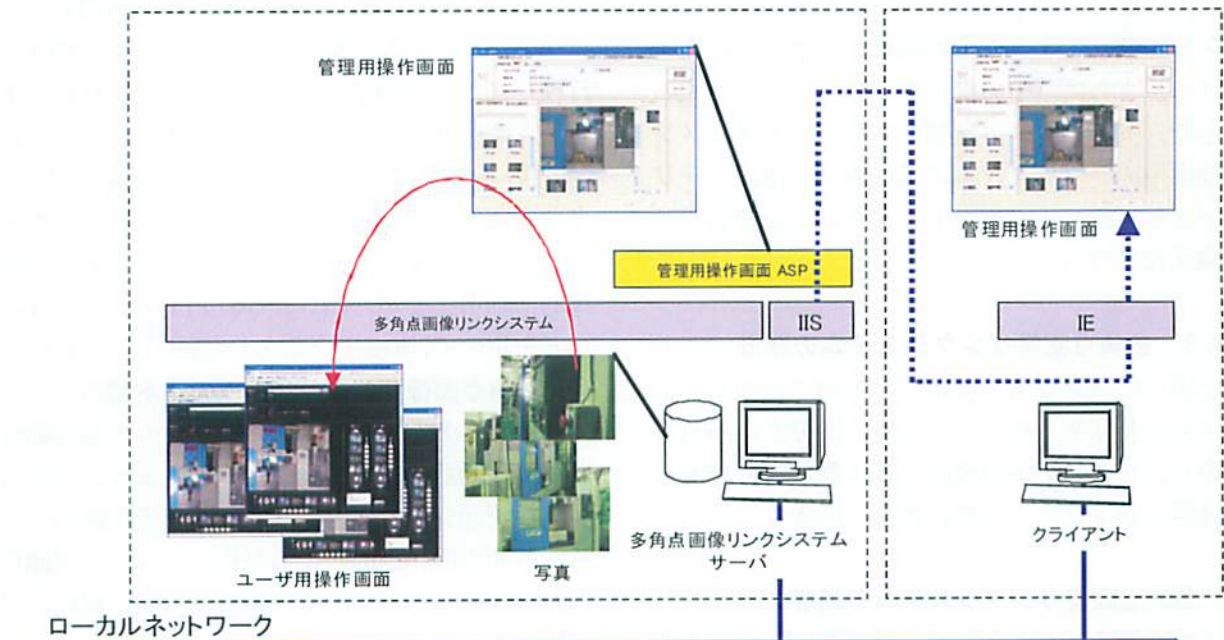



図 3.12 管理用画面による動作

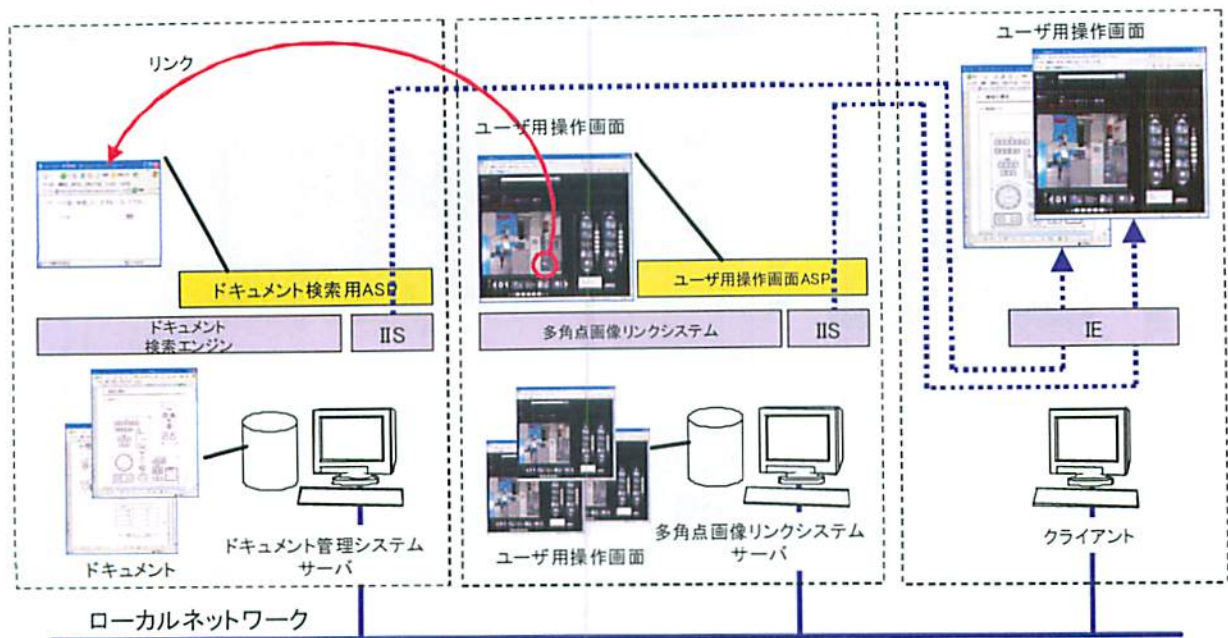



図 3.13 ユーザ用操作画面による動作

メラで撮影した複数枚の写真から，機器毎など，必要な写真を選択し，視点の移動などに沿って並び替え，さらに写真に写ったスイッチなどの部分画像に対して関係するドキュメントを検索するための検索キーワードを付加するなどの動作を行う．この動作により作成されたユーザ用操作画面は，機器などの名前を付けて，多角点画像リンクシステムサーバに格納しておく．

ユーザ用操作画面による動作では，図 3.13 に示すように，クライアントから多角点画像リンクシステムサーバのユーザ用操作画面の ASP を呼び出し，対象となる機器などの名称を入力することで，必要となる機器の写真が配置されたページを呼び出す．さらに，必要に応じて，ユーザ用操作画面に配置された写真を閲覧すると共に，写真に写っている部位に関連するドキュメントを参照する場合は，写真の部位をマウスクリックすることで，ドキュメント管理システムのドキュメント検索用 ASP に検索キーを渡してリンクされ，別ウィンドウで検索されたドキュメントの一覧が表示される．さらに，一覧からドキュメント名をクリックすることで，対象のドキュメントを表示することができる．

これら管理用画面による動作，およびユーザ用操作画面による動作を実現するため，次の(3) 管理用画面の機能，および(4)ユーザ用操作画面の機能に示すような機能を開発した．

(3) 管理用画面の機能

管理用画面の機能として，主に次の 4 つの機能を開発した．

① 設備機械毎の縦方向および横方向の画像配置
② 設備機械毎の縦方向および横方向の画像切り替え順番の設定
③ 自動認識機能
④ 『自動認識した部位画像』および『ユーザが範囲指定した部位画像』に対するドキュメント管理システムとのリンク設定機能（以下，リンク設定機能）

①設備機械毎の縦方向，および横方向の画像配置，および②設備機械毎の縦方向および横方向の画像切り替え順番の設定は，図 3.14 に示すように，同図の「画像一覧」部分に表示された写真を，「階層 1」，「階層 2」，および「階層 3」などの場所に，ドラッグ＆ドロップして配置する機能である．この「階層 1」，「階層 2」，および「階層 3」とは，例えば遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能を使用中に，機器部位を相手に伝えるための用途の場合，機器の周辺を，横方向に一周するように撮影した写真を「階層 1」，縦方向に移動しながら撮影した写真を，「階層 2」に，部分的

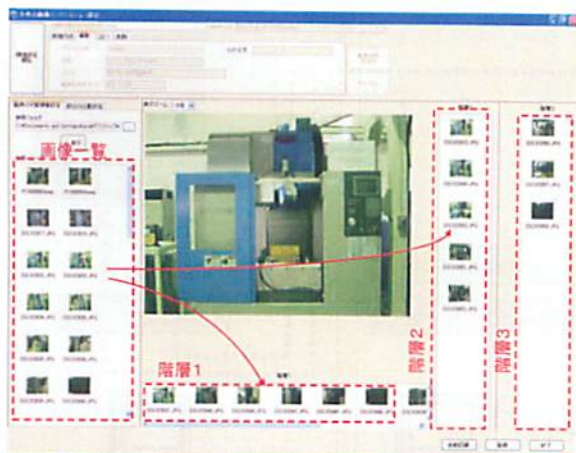



図 3.14　設備機械毎の写真の縦方向および横方向の画像配置

[横方向画像と縦方向画像の構成イメージ]

		縦 3-1						
		縦 3-2	縦 4-1					
縦 1-1		縦 3-3	縦 4-2	縦 5-1				
縦 1-2		縦 3-4	縦 4-3	縦 5-2	縦 6-1			縦 9-1
横 1 縦 1-3	横 2 縦 2-1	横 3 縦 3-5	横 4 縦 4-4	横 5 縦 5-3	横 6 縦 6-2	横 7 縦 7-1	横 8 縦 8-1	横 9 縦 9-2
縦 1-4		縦 3-6	縦 4-5				縦 8-2	縦 9-3
縦 1-5		縦 3-7	縦 4-6					縦 9-4
縦 1-6			縦 4-7					

横方向画像と縦方向画像の例）

横 3 縦 3-5	横方向画像は 3 番目に登録した画像を示す。 この横画像の縦方向画像の 5 番目に登録した画像を示す。

縦方向画像のみの例）

縦 3-4	横方向画像は 3 番目に登録し、縦方向画像の 4 番目に登録した画像を示す。 ※四角に囲まれた画像は、拡大・縮小画像が登録されている。

[縦方向画像と拡大・縮小画像の構成イメージ]

Zoom1-3-1	Zoom2-1-1	Zoom4-2-1	Zoom5-3-1	Zoom8-2-1
Zoom1-3-2		Zoom4-2-2	Zoom5-3-2	Zoom8-2-2
Zoom1-3-3		Zoom4-2-3		Zoom8-2-3
Zoom1-3-4				

縦方向画像と拡大・縮小画像の例）

Zoom4-2-3	横方向画像は 4 番目に縦方向画像は 2 番目に登録し、 拡大・縮小画像の 3 番目に登録した画像を示す。

図 3.15　縦横方向の画像配置の関係

に拡大して撮影した写真を「階層 3」のエリアに配置する．このように「階層 1」を「横」，「階層 2」を「縦」，および「階層 3」を「Zoom」として使用した場合の各写真の関係は，図 3.15 に示す通りであり，例えば作業者が機器の周りを，移動しながら見たことを想定した配置が可能となる．

また，作業手順書の用途として，大まかな作業手順に関わる写真を「階層 1」に配置し，個々の手順の詳細に関わる写真を「階層 2」，および「階層 3」に配置するなどの使い方も考えられる．

図 3.16　検索キーワードの付加

③自動認識機能，および④リンク設定機能は，配置した写真の中に写っているスイッチやハンドルなどの特定部位を画像認識し，さらにドキュメント検索のための検索キーワードを付け，ドキュメント管理システムのドキュメント検索用の ASP とリンクさせる機能である．図 3.16 は，配置した写真のうち，一枚の写真を表示し，一部を拡大して，操作盤のリセットボタンの画像部分をマウス操作で矩形に囲み，「リセット」という検索キーワードを付加している様子を示したものである．これにより，ユーザ用操作画面で同写真の同部位をマウスクリックすることで，「リセット」とい

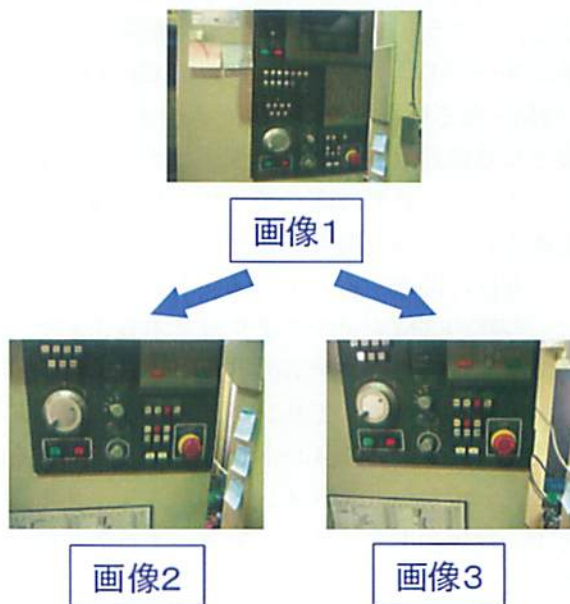
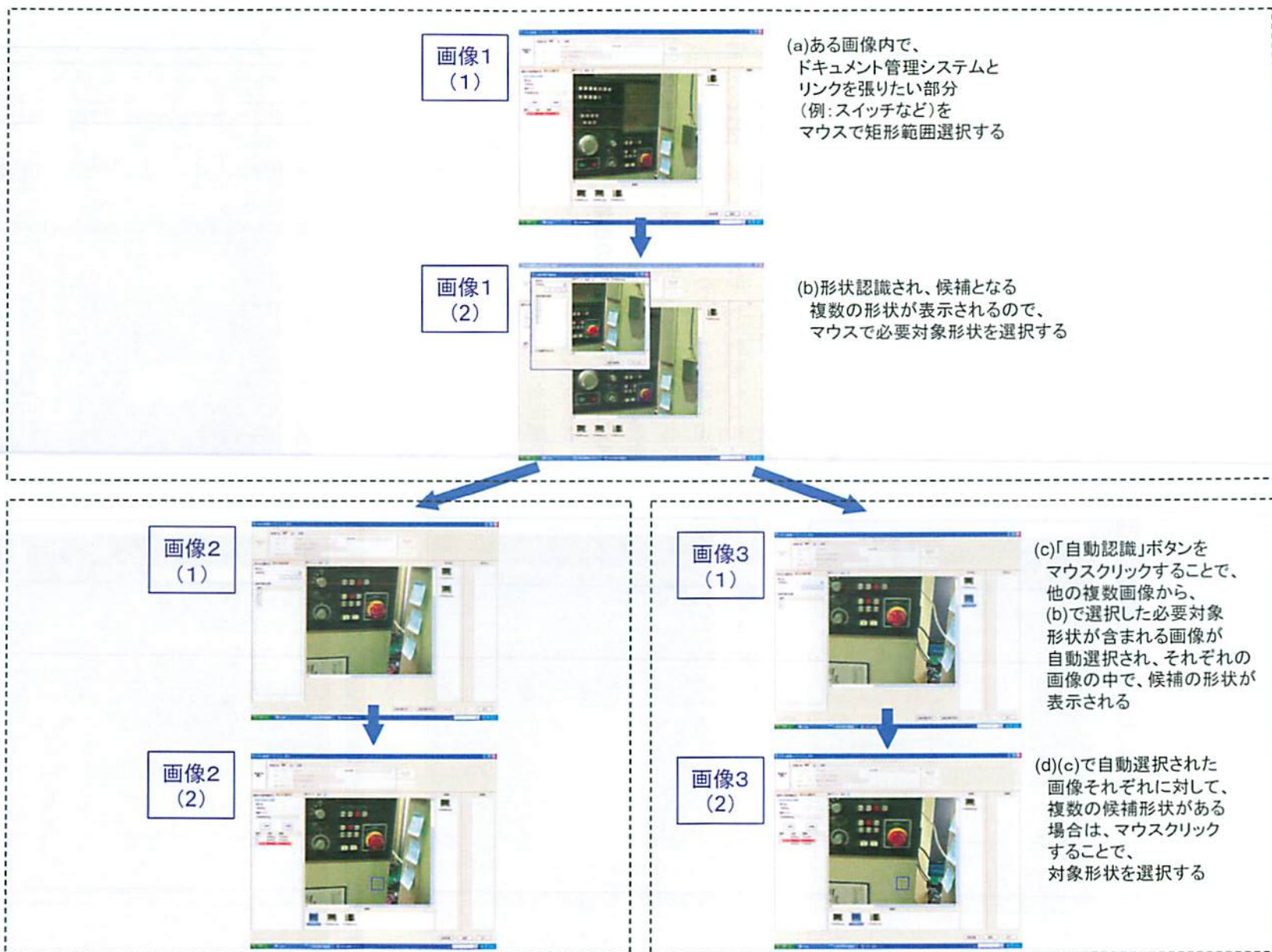



図 3.17　類似形状がある写真の例

図 3.18　自動認識処理の例

いう検索キーワードでドキュメントの検索が可能となる．また，**図3.17**に示すように，検索キーワードを付加した写真（画像 1）に対し，他にもリセットスイッチが写っている写真(画像2, 画像3)があれば，**図3.18**に示すように自動認識して，同一の「リセット」という検索キーワードを自動付加する機能も有する．この自動認識の具体的な動作の流れは次のようである．まず，(a)ある画像内で，ドキュメント管理システムとリンクを張りたい部分（例：スイッチなど）を，マウスで矩形範囲指定する（参照：**図3.18(a)**，**画像1 (1)**）．(b)すると，形状が認識され，候補となる複数の形状が表示されるので，マウスで必要対象形状を選択する（参照：**図3.18(b)**，**画像1(2)**）．(c)さらに，「自動認識」ボタンをマウスクリックすることで，他の複数画像から，(b)で選択した必要対象形状が含まれる画像が自動選択され，それぞれの画像の中で，(b)でマウス選択した対象形状と類似する候補形状が表示される（参照：**図 3.18(c)**，**画像2(1)**，**画像3(1)**）．(d)そして，(c)で自動選択された画像それぞれに対して，複数の候補形状がある場合は，マウスクリックすることで，対象形状を選択する（参照：**図3.18(d)**，**画像2(2)**，**画像3(2)**）．

(4)ユーザ用操作画面の機能

ユーザ用操作画面の機能として，主に次の3つの機能を開発した．

① 設備機械一覧から多角点画像リンクする設備機械を選択・表示する機能

② 設備機械画像を切り替える機能

③ 設備機械画像を操作する機能

(1)メイン画面表示

(2) 設備機械ページの選択

(3)選択した設備機械のページ

図3.19　設備機械を選択・表示する機能

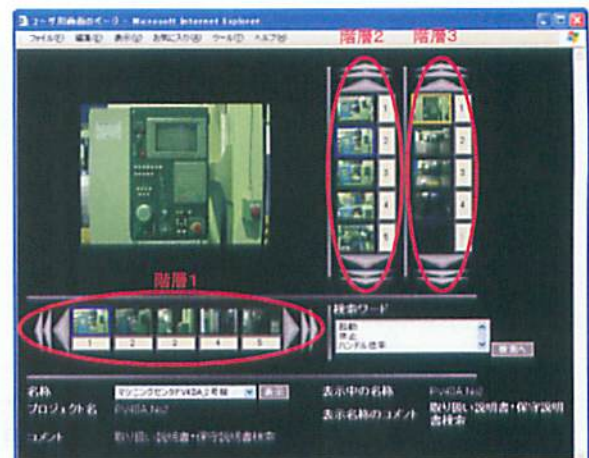



図3.20　表示の切り替え操作

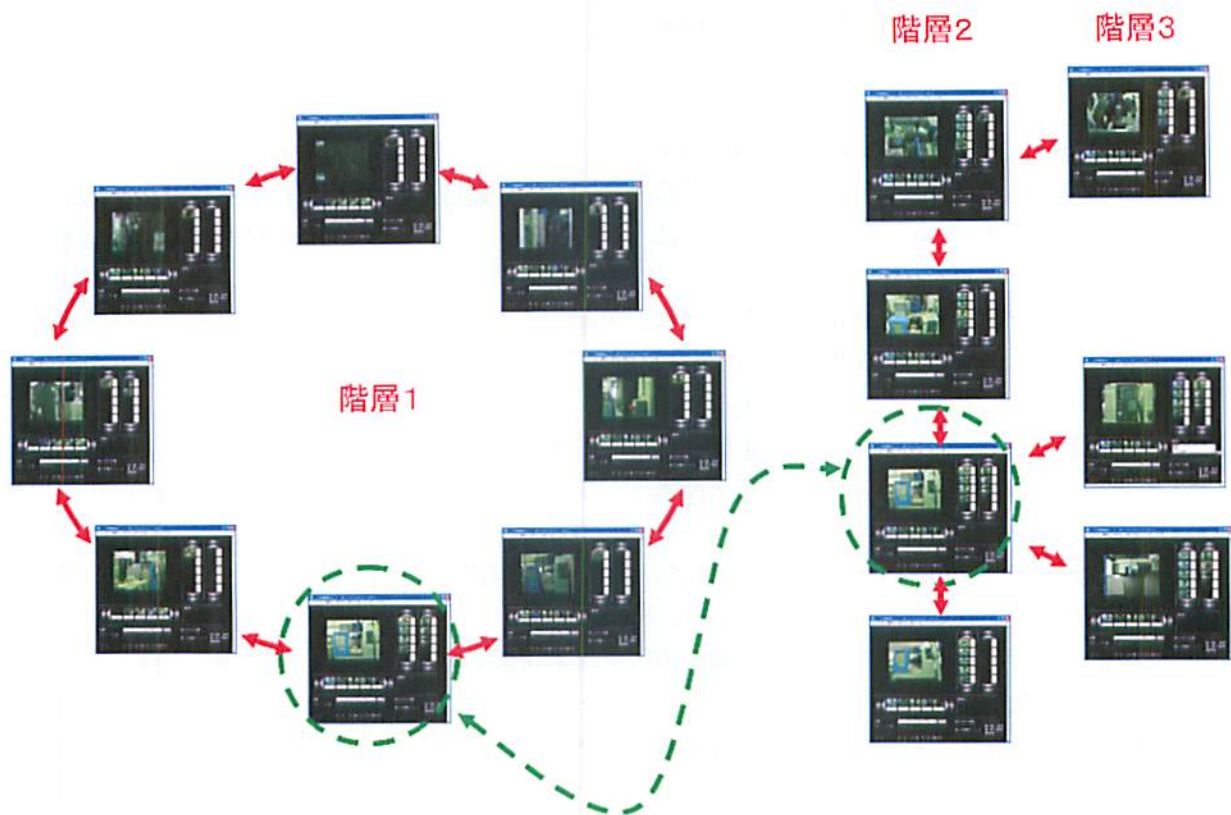



図 3. 21　表示の切り替え表示例

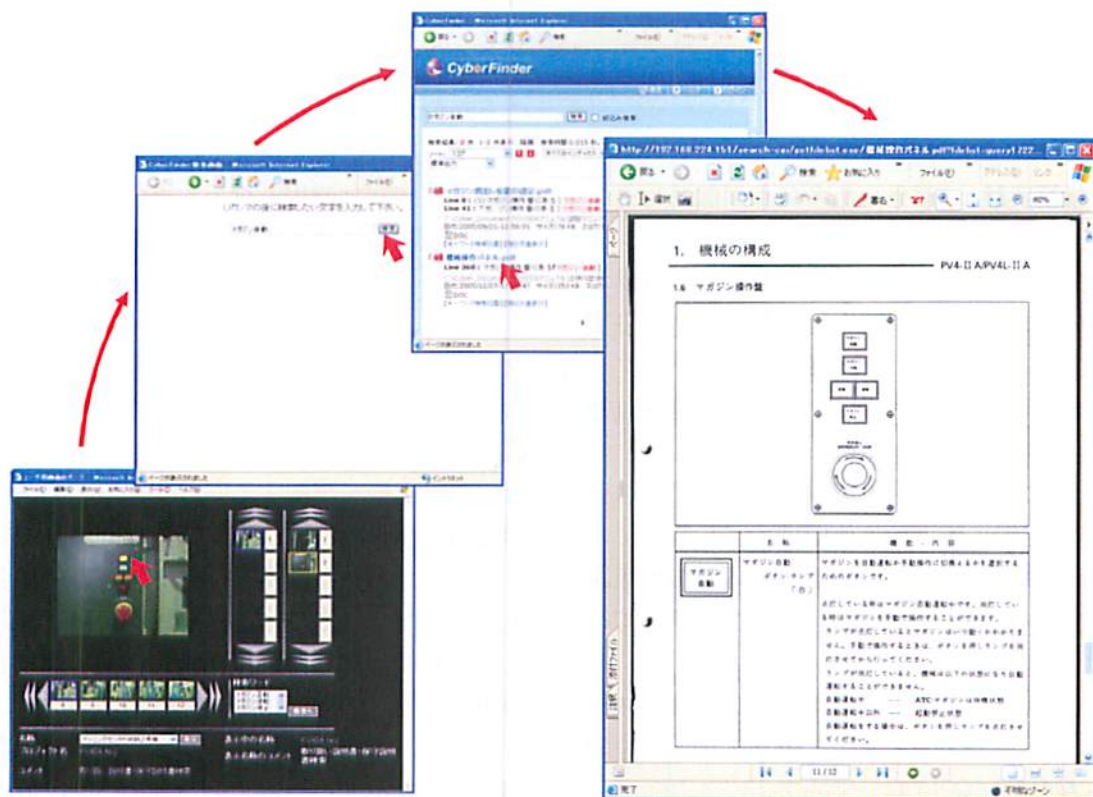



図 3. 22　ドキュメントの検索例

①設備機械一覧から多角点画像リンクする設備機械を選択・表示する機能は，ユーザが多角点リンクシステムのサーバにウェブブラウザでアクセスし，図 3.19(1)に示すようなメイン画面を表示後，図 3.19(2)に示すような複数保管してある設備機械毎のページを選択し，図 3.19(3)のように表示する機能である．

②設備機械画像を切り替える機能は，表示された設備機械のページに対し，図 3.20 に示す，階層 1～階層 3 のエリアに表示されている写真をマウスクリックすることで，他の画像に表示を切り替えることができる．図 3.21 に，画面切り替え操作を行った際の階層 1～階層 3 の表示切替例を示す．同図 3.21 に示す通り，階層 1 の画像それぞれで，階層 2 の複数画像の切り替え表示が可能であり，さらに階層 2 のそれぞれで，階層 3 の複数画像の切り替え表示が可能である．

③設備機械画像を操作する機能は，階層 1～階層 3 のそれぞれの画像に写っているドキュメント検索キーワードが割り付けられた部位をマウスクリックすることで，必要なドキュメントを検索する機能である．図 3.22 は，階層 3 に写っているマガジン操作盤上の正転スイッチ部分をマウスクリックすることで，正転スイッチに関わるドキュメントを検索し，表示した例である．

3.4.4 検証実験　開発した多角点画像リンクシステムを，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能で運用し，インターネットを介したコラボレーションの動作検証実験を行った．動作検証実験に際しては，比較のため，多角点画像リンクシステムの代わりに，これまでの 3-D 表示遠隔監視システムを利用した動作も行った．

検証実験のシナリオは，遠隔地に居るインストラクタが，工場の新人の工作機械オペレータに対し，工作機械のハンドル，および操作盤の取扱説明書を提示することを想定し，次のシナリオで行った．

① インストラクタが，多角点画像リンクシステム，または 3-D 表示遠隔監視システムを遠隔から起動．
② インストラクタが，多角点画像リンクシステム，または 3-D 表示遠隔監視システムを操作し，オペレータに，操作盤全体表示を提示．
③ インストラクタが，多角点画像リンクシステム，または 3-D 表示遠隔監視システムを操作し，画像や 3-D モデルのハンドル部位をクリックして，ハンドルに関する取扱説明書を検索（ドキュメント管理システムが自動起動）．
④ インストラクタが，ドキュメント管理システムの検索結果から必要な取扱説明書を選択し，オペレータに提示．

本シナリオにより，開発した多角点画像リンクシステムを用いた動作検証結果は，図 3.23 の通りであり，比較のため，従来の 3-D 表示遠隔監視システムを活用した動作検証結果は，図 3.24 の通りである．

本実験の結果，開発した多角点画像リンクシステムを用いた動作が，従来の 3-D 表示遠隔監視システムを用いた動作と同様に行うことが可能であった．また，多角点画像リンクシステムを活用した場合，コンテンツの作成において，対象となる設備などの CAD データの入手，または作成する必要があることに対し，多角点画像リンクシステムは写真を利用するため，手軽なコンテンツ作成ができる特長があることに加え，次の優位性があることが分かった．

まず，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と連携した運用を行った場合，例えば 3-D 表示遠隔監視システムの場合，図 3.24(3)～(4)の場面において，インターネットの通信速度が十分ではないと，3-D モデルの回転，移動，拡大・縮小などの追従が遅くなり，操作が難しくなる．しかし，開発した多角点画像リンクシステムの場合は，図 3.23(3)～(4)の場面において，表示切り替えを行いたい画像を選択するだけであるため，操作中の通信量が少なくて済み，操作性が優れている．

さらに，多角点画像リンクシステムの場合，図 3.21 に示すように，画像に順序を付けて配置することが可能であるため，例えば作業手順書としての用途など，応用活用の可能性がある．

しかし，多角点画像リンクシステムは，画像を切り替え表示する方式であるため，3-D 表示遠隔隔監視システムのように，実際の機器の状態によ

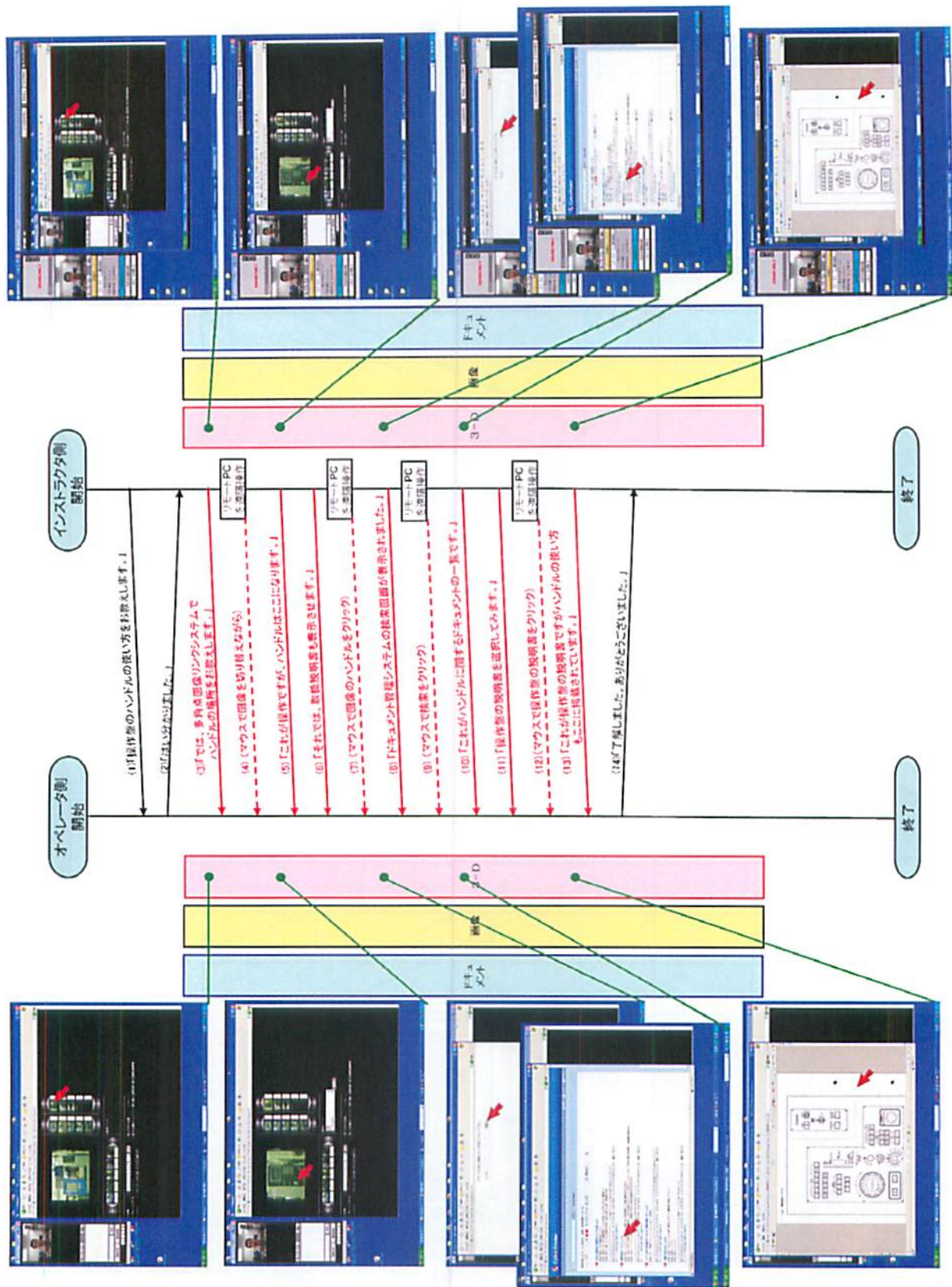



図 3. 23　多角点画像リンクシステムによる検証実験

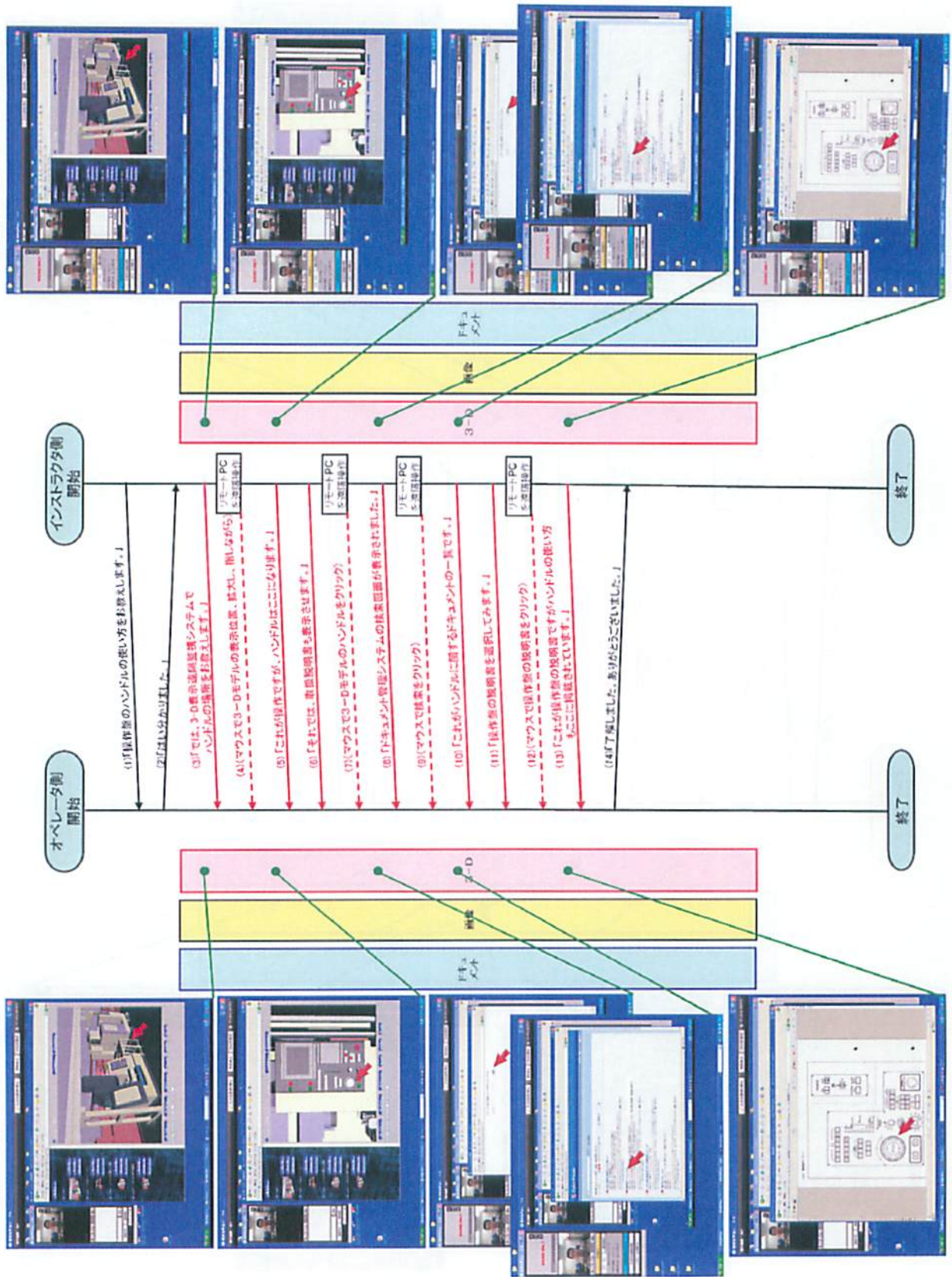



図 3.24　3-D 表示遠隔監視システムによる検証実験

るアニメーション表示ができないため，監視システムとしての用途には不向きであり，用途に応じた使い分けが望まれる．

3.4.5 まとめ　ポータル・コラボレーション型生産支援システムに構成要素の一つである遠隔監視システムの一部として，デジタルカメラなどで撮影した機器の周辺写真，素材や仕掛り品の現物写真などを，3-D モデルに代わるメディアとして扱い，例えば複数の機器の周囲写真や，部分的な拡大写真を視点の変更を想定した順序に並べ替え，さらに写真に写ったスイッチ類などに関連するドキュメント検索キーを付加して，ドキュメント管理システムとも連携運用可能な多角点画像リンクシステムのコンセプトを提案した．

提案コンセプトに基づく，多角点画像リンクシステムを試作し，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と連携した運用検証実験を行った結果，従来の 3-D 表示遠隔監視システムを用いた動作と同様に行うことが可能であった．さらに，開発した多角点画像リンクシステムは，表示切り替えを行いたい画像を選択するだけで様々な視点の画像に切り替え表示できるため，3-D モデルを基本としたシステムのように，3-D モデルの回転，移動，拡大・縮小などの操作中の通信量増加が少ないため，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能との連携などのようなインターネットを介した運用には適していることが分かった．

本システムの開発により，3-D 表示遠隔監視システムなどの 3-D モデルを基本としたシステムを用いる場合に必要となる 3-D モデルの作成が不要なることで，運用コストの低減が図れると共に，もともと 3-D モデルとして扱いにくい素材や仕掛り品の情報もポータル・コラボレーション型生産支援システムにおいて活用可能となった．また，操作時の通信量増加が少ないことから，インターネットを介した利用に適したシステムとすることができた．今後は，保守支援用のみならず，作業手順書などへの応用活用についても検討を進め，実用化を目指す予定である．

3.5 障害状況再現システム

3.5.1 背景・目的　前節で報告した通り，本年度の研究で，ポータル・コラボレーション型生産支援システムに構成要素の一つである遠隔監視システムの一部として，多角点画像リンクシステムを開発した．しかし，多角点画像リンクシステムは，3-D モデルの作成が不要である点で，安価な導入が可能であり，かつ遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能との連携によるインターネットを用いた遠隔拠点間のコラボレーション時の操作性が優れている反面，写真などの画像の活用を基本としているため，アクチャルな機器の状態監視には不向きである．そこで，アクチャルな機器の状態監視が必要な場面など，利用場面に応じて，3-D 表示遠隔監視システムをはじめとする従来型の遠隔監視システムの併用も必要となる．

従来型の遠隔監視システムは，前身研究の成果である標準技術による異メーカ，異機種，新旧機器の情報と，製造実行システムの情報との相互運用可能な工場内情報連携環境を活用することで，3-D 表示遠隔監視システムの他，Web や EXCEL などによるユーザサイドでも構築可能な仕組みとして充実してきた．

一方，これらの遠隔監視システムは，異メーカ，異機種，新旧機器の情報を統一的に扱うため，監視情報の収集に標準技術の一つである ORiN を活用し，監視情報の履歴蓄積も ORiN のミドルウェアである CaoSQL が行っている．

しかし，現状の CaoSQL は，監視情報の履歴蓄積という観点から，市販のデータベースに情報を蓄積するのみで，例えば機器の不具合があった場合の解析作業などは，データベースの情報を直接解析するなどにより行っていたため，直感的に履歴情報から機器の振る舞いを想像することが難しく，作業性に課題があった．

そこで，実際の機器からの逐次情報ではなく，データベースに蓄積した履歴情報を読み出し，その情報により，豊富に揃っている既存の遠隔監視システムなどの監視用のアプリケーションシステムを再生動作させる障害状況再現システムを提案する．

本報告では，障害状況再現システムのコンセプ

ト，障害状況再現システムの開発，および検証実験について報告する．

3.5.2 障害状況再現システムのコンセプト

ここでは，障害状況再現システムのコンセプトを示す．

まず，図 3.25 左の「監視状態表示」に示す通り，通常状態では，3-D 表示遠隔監視システムなどの監視システムは，ORiN などの標準技術を活用し，機器からの情報を逐次取得して，機器の状態に合わせた 3-D モデルのアニメーションや状態表示を行う．その際，ORiN のミドルウェアである CaoSQL が機器の状態履歴を市販のデータベースに書き出す．

つぎに，機器の故障などが発生し，故障発生前後の動作を 3-D 表示遠隔監視システムなどの監視システムで確認する場合，ORiN による機器からの情報収集を一時停止させ，図 3.25 右の「再生状態表示」にように，今回開発する障害状況再現システムが，データベースの履歴情報を取得し，CaoSQL に提供することで，3-D 表示遠隔監視システムなどの監視システムを再生動作させることができる．

3.5.3 障害状況再現システムの開発

提案するコンセプトに基づく，障害状況再現システムを開発した．ここでは，開発したシステムの構成，および画面イメージなどについて報告する．

(1) システムの構成

開発した障害状況再現システムの運用時の構成は，図 3.26 の通りであり，CaoSQL，CaoSQLConfig，および障害状況再現システムの 3 つの実行プログラムから成る．

CaoSQL は，もともと ORiN のミドルウェアであり，様々な機器からの情報取得に関する管理，取得したデータのネーミング，型変換，およびデータベースへの書き込みなどを行うミドルウェアであり，CaoSQLConfig は，対象機器，またはアプリケーションシステムに合わせて，これら CaoSQL の情報取得に関する定義を行う機能であり，定義された情報を CaoSQL.csq として保管することできる．ただし，CaoSQL.csq は，監視状態表示の場合と，再生状態表示の場合とで，情報の取得先が異なることから，記録用と再生用とに分けて作成する必要がある．

障害状況再現システムは，監視状態で蓄積したデータベースからの情報を読み込み，その情報を CaoSQL に渡すことで再生動作を行うが，この時，

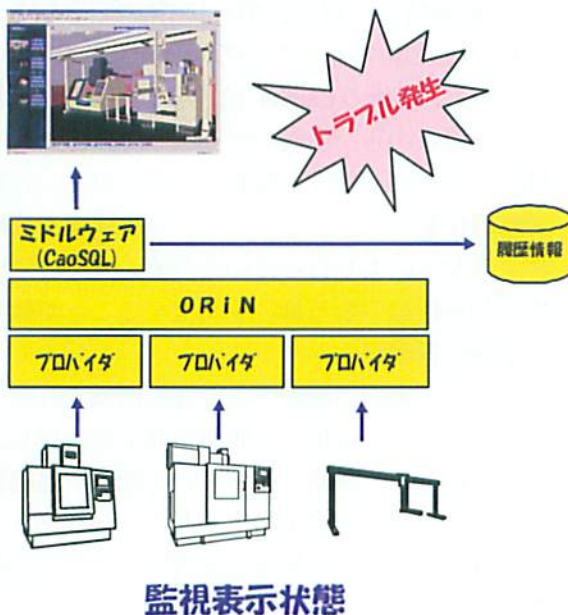
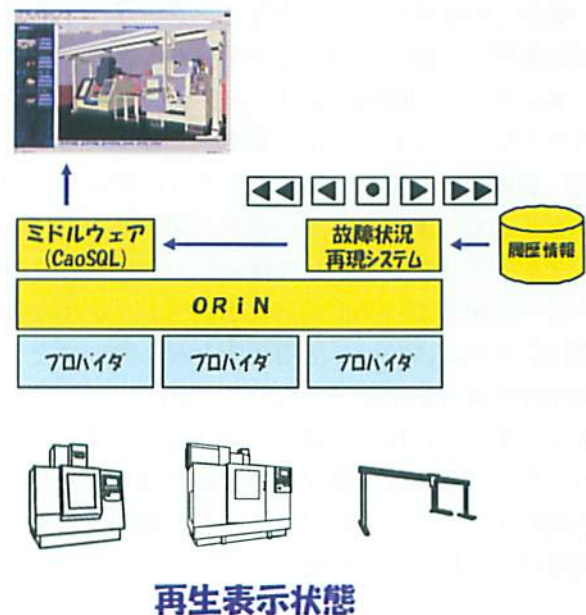



図 3.25 障害状況再現システムのコンセプト

図 3. 26　障害状況再現システムの構成

(1)メイン画面

メニュー
スケジュール設定ファイルのロード/セーブ
スケジュールのインポート/エクスポートが可能

リストに追加，削除
選択したリストの再生，順序の入れ替え
などが可能

再生リスト
追加を行うと，ここにスケジュールとして
登録される

(2)スケジュール
作成画面

タイトル，再生スタートのデータ時
刻，停止時刻を選択

参照ボタンを押すことで，カレンダー
から日付を設定することが可能

日付と時刻を選択

指定された日時を条件にしてHisotryデータからデータを取得．
コントローラ名，アイテム名でフィルターすることも可能

Startを選択して，↑↓を押下する
と，開始時刻の行を選択可能
逆にEndを選択すると，停止時刻
の行を選択することが可能

黄の行：開始位置
緑の行：終了位置

(3)再生画面

再生操作パネル　再生，停止，
一時停止倍速設定(x0.5～10)などの
操作が可能

繰り返し再生することも可能

再生するデータがグリッドに表示され
る．実行行やブレークポイントの行を
色付けして見易くなっている

再生中に表示する書込み情報
次回の書込み時間なども表示可能

図 3. 27　障害状況再現システムの画面イメージ

CaoSQLは，再生用のCaoSQL.csqを利用することで，データの取得先を，障害状況再現システムとすることができる．また，障害状況再現システムは，単純な再生のみならず，データベースの時刻付き情報を参照し，開始終了の日時などを指定したり，再生する情報項目を指定したりするスケジュール機能も有する．さらに，再生動作中に，再生の早送り，停止，巻き戻しなどの動作もできるようにし，利便性を高めた．

(2) 画面イメージ

開発した障害状況再現システムの画面イメージは，図3.27の通りである．図3.27(1)がメイン画面であり，ここから図3.27(2)のようなスケジュール作成，または，図3.27(3)のような再生画面に分岐する．

(1)のメイン画面では，スケジュール作成画面，および再生画面への分岐の他に，再生したい複数のスケジュールのリスト表示，順序の入れ替えが可能である．また，スケジュールについては，ファイルとしてセーブ，ロードも可能である．

(2)のスケジュール作成画面では，カレンダーからおおまかな再生開始，終了の日時指定の後，(2)のスケジュール作成画面下図のように，これにより選択された履歴情報を参照し，履歴情報の個々のレコード単位で詳細な再生開始，再生終了などを指定することも可能である．

3.5.4 検証実験　開発した障害状況再現システムの動作検証実験を行った．

本実験では，三菱電機社製オープンNC装置を搭載したジェイテクト社製小型立形マシニングセンタ　PV4IIAと，Cimetrix社の制御ソフトウェアCODEにより制御されたガントリロボット型搬送装置から構成された実験用生産ラインを対象に，次のシナリオによる検証動作実験を行った．

(1) 本実験用生産ラインを稼動させ，ORINで稼動情報を収集し，CaoSQLにより履歴情報をデータベースに登録．この際，3-D表示遠隔監視システムも動作させる

(2) 生産ラインを停止させ，ORiNによる履歴情報

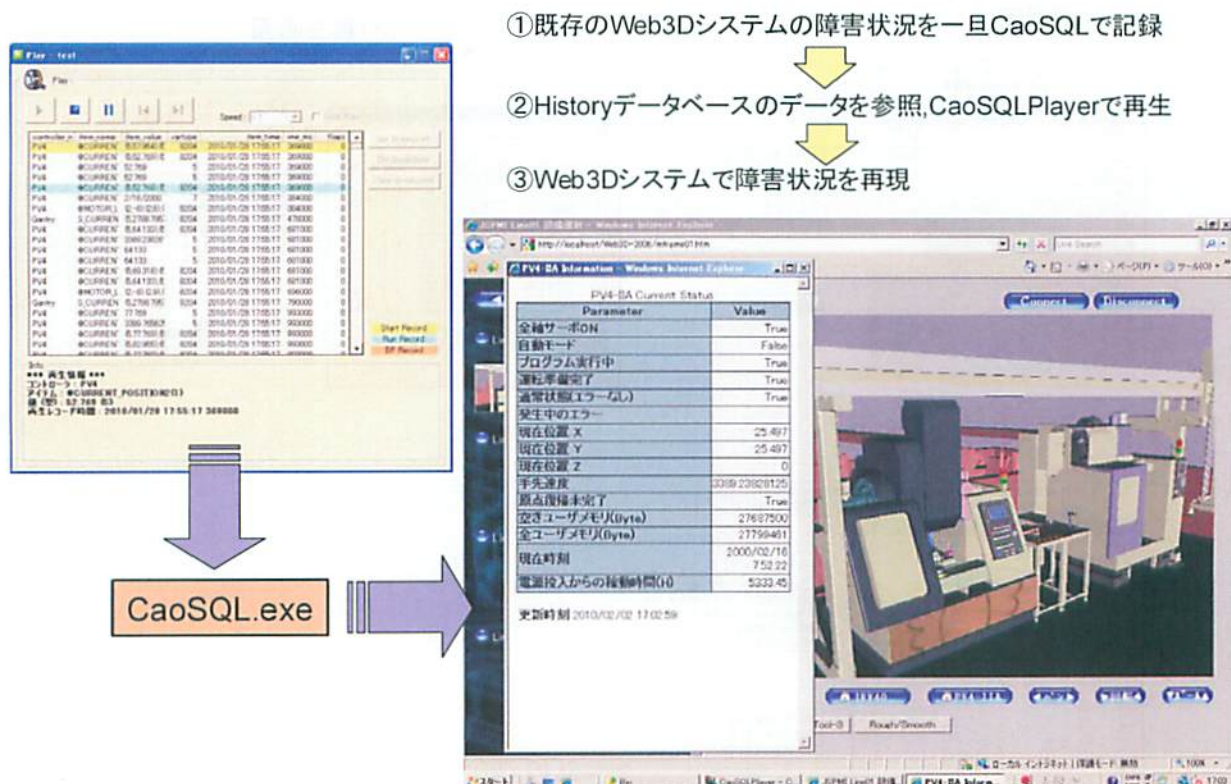



図3.28　動作検証実験のシナリオ

の収集を終了し，蓄積したデータベースのデータを用いて，図3.28のように障害状況再現システムを動作させ，それにより3-D表示遠隔監視システムを動作させる

本動作検証実験の結果，(1)の情報収集の場合と，(2)の再生動作の場合とで，3-D表示遠隔監視システムが共に同様な動作が行えることを確認した．

この結果から，提案する仕組みにより，3-D表示遠隔監視システムなどの監視用アプリケーションシステムを，監視目的のみならず，履歴情報に基づく再生動作に活用可能となった．

3.5.5 まとめ

実際の機器からの逐次情報ではなく，市販のデータベースに蓄積した履歴情報を読み出し，その情報により，豊富に揃っている既存の遠隔監視システムなどのアプリケーションシステムを再生動作させる障害状況再現システムの手法を提案した．

提案した手法に基づく，障害状況再現システムを試作し，3-D表示遠隔監視システムにより，試作したシステムによる動作検証実験を実施したところ，情報収集の場合と再生動作の場合とで共に3-D表示遠隔監視システムが正常に動作することを確認した．

これにより，3-D表示遠隔監視システムなどのアプリケーションシステムを，監視目的のみならず，履歴情報に基づく再生動作に活用可能となった．今後は，障害状況再現システムの再生動作をスケジュールによるものばかりではなく．他の機器の状態情報をトリガとして再生動作や停止などが行えるような機能拡張を行い，例えばMESシステムの複数の機器の接続作業などにおいて，一部の機器を本障害状況再現システムに置き換え，全ての機器がなくても構築作業・テストが行えるような仕組みへの応用利用などについても検討したい．

3.6 研究成果の普及活動

本標準技術活用による生産支援に関する研究の関連技術の普及活動として，基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会が，2009国際ロボット展のORiN協議会主催／(財)機械振興協会技術研究所協賛の小間に出展し，本研究の昨年度の成果である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能，およびシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムを出展した．また，関連研究成果や成果を活用した製品を教材とした工作機械の衝突防止とIT化実用セミナも実施した．

ここでは，標準技術活用ビジネス小研究会の概要，工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会の概要，2009国際ロボット展への出展，および工作機械の衝突防止とIT化実用セミナの実施結果について報告する．

3.6.1 標準技術活用ビジネス小研究会の概要

本研究会は，当所を事務局として，平成15年10月に発足した基盤的生産技術研究会の下部組織であり，発足当初は「中小企業向けデジタルエンジニアリングソリューションズ研究会－標準化技術を持ち他生産運用支援ソリューションズに関する研究－」として活動し，平成18年4月から「標準技術活用ビジネス小研究会」と名称を改め，勢力的に活動している研究会である．

本研究会の目的は，本標準技術活用による生産支援に関する研究の研究成果をはじめ，前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究やデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果，成果を用いた製品，各標準化団体との共同研究成果，および参加メンバの関連技術や製品などを相互活用することで，参加メンバにおける標準技術活用ビジネスを促進することである．

具体的には，各標準化団体とも連携して，各研究成果や技術の相互活用方法の検討，研究成果の一般の展示会への出展，および当所（東久留米市）の模擬工場やセミナ環境などにおいて，販社やユーザ向けの実体験型セミナを実施している．

本研究会への参加は，一般入会による参加の他，ORiN協議会，製造業XML推進協議会 MESXジョイントワーキンググループ，FAオープン推進協議会 XML情報連携実証モデル専門委員会，およびFAオープン推進協議会 ネットワークを活用したもの

づくり支援サービス専門委員会と本標準技術活用ビジネス小研究会とが共同研究の覚書を締結していることから，相互のメンバが互いの研究会に参加可能である．

この標準技術活用ビジネス小研究会の活動スケジュールは，毎年秋季に開催される一般の展示会をマイルストンとして，展示会までに製品化を目指した各研究成果や各製品の相互活用方法の検討や開発を行い，これらの成果を展示会に出展し，さらにそのフォローアップとして，セミナを実施するといった一連のサイクルを定期的に回している．

本研究会は，これまでに前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究の成果の一部を実用化し，企業メンバに採択され，製品化した実績がある．

本年度はこれらの実績を継続すべく，本研究の成果である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能を2009国際ロボット展に出展したり，研究成果を用いた製品を教材としたセミナを実施したりして，研究成果の普及に努めた．

3.6.2 工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会の概要　本研究会は，関連業界からの要望により，前身研究のデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果である工作機械内衝突防止システムの実用化を目指して，平成20年4月に発足したものであり，(財)機械振興協会技術研究所，パルステック工業㈱，㈱ブルームLMT，アドー・ジャパン㈱，および㈱ソフィックスが参加する．本研究会では，デジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果である工作機械内衝突防止システムのみならず，本研究の成果であるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムの実用化システムを，シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステムと銘銘し，その製品化も活動範囲としている．

具体的な活動内容は，研究成果を製品化するための改良，ユーザモニタの実施，製品化のための販売・サポート体制の構築，展示会出展，およびセミナ実施などの普及活動である．

本年度は，シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステムを2009国際ロボット展に出展，ユーザモニタの実施，および研究成果を用いた製品を教材としたセミナなどを実施し，研究成果の普及に努めた．

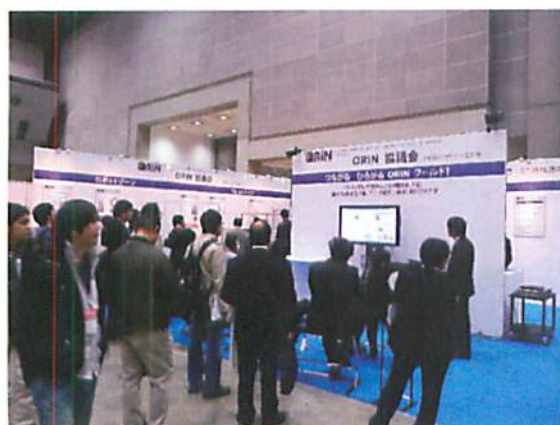
3.6.3 2009国際ロボット展への出展　標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会が主体となり，本研究の成果を，2009国際ロボット展に出展した．2009国際ロボット展は，平成21年11月25日（水）～11月28日（土）に，東京ビッグサイトの東館で開催され，主催者の報告によれば，4日間の会期で延べ10万1,090人の来場があった．

今回は，2009国際ロボット展のORiN協議会主催／(財)機械振興協会技術研究所協賛の小間に出展し，同小間では，日独韓の3カ国から企業17，大学1，団体2，個人2の計22の参加があり，合計28件の展示があった．**図3.29～図3.30**は，ORiN協議会主催／(財)機械振興協会技術研究所協賛の小間の全景を示したものである．これらの出展のうち，標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会は，次に示す通り，合計企業8，団体2から，10件の出展を行った．

① ORiN2 SDK
② 設備情報収集ターミナル　ADDO F2008 ORiN
③ MES連携デモ
④ EXPIO－MES（MESパッケージ）
⑤ ORiNベースアプリケーション　稼動監視Webシステム
⑥ 遠隔作業・保守支援システム
⑦ シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム
⑧ ロボット搭載用ORiN対応　三次元レーザスキャナ
⑨ ロボット簡易ティーチングシステム
⑩ カーオディオ向け自動検査

なお，これら①～⑩の出展に参加した企業，および団体は，アドー・ジャパン㈱，㈱ケー・ティー・システム，㈱ソフィックス，㈱高崎共同計算センター，㈱デンソーウェーブ，パルステック工業㈱，㈱ブルームLMT，日本ユニシス・エクセリ

図 3.29 展示小間の全景(1)

図 3.30 展示小間の全景(2)

ューションズ，ORiN 協議会，(財)機械振興協会技術研究所である．

特にこれらの出展項目のうち，本研究に直接関連した出展は，①〜⑦であり，概要はつぎの通りである．

「①ORiN2 SDK」は，ORiN 協議会で仕様策定され，㈱デンソーウェーブで製品化されたネットワークミドルウェアの標準技術の一つである ORiN2 の機器接続やアプリケーション開発者用キットのソフトウェアである．この ORiN2SDK には，前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究成果である工作機械と ORiN とを接続するための ORiN 側のソフトウェアが盛り込まれている．

「②設備情報収集ターミナル　ADDO F2008 ORiN」では，前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究の研究成果である工作機械と ORiN とを接続するための技術を活用し，アドー・ジャパン㈱で製品化された，新旧工作機械を ORiN に接続するため機器を出展した．

「③MES 連携デモ」，「④EXPIO - MES (MES パッ

図 3.31　MES 連携デモ他の展示

図 3.32 遠隔作業・保守支援システムの展示

図 3.33 シミュレータ連携型工作機械内
衝突チェックシステムの展示

ケージ)」，「⑤ORiN ベースアプリケーション　稼動監視 Web システム」は，標準技術活用ビジネス小研究会の平成 18 年度の成果として，参加メンバである㈱ケー・ティー・システムが主体となって開発した，ロボット，PLC，および工作機械などの機器レベルの情報連携のための標準技術である ORiN と，機器レベルと製造実行レベルとの情報交換標準仕様である MESX とのゲートウェイである MESX-ORiN ゲートウェイを活用したデモンストレーションである．このデモンストレーションでは，ORiN や MESX などの標準技術の相互活用により，機器レベルとしては，ORiN 準拠の様々なメーカの工作機械，PLC，ロボットを相互接続し，MES レベルとしては MESX 準拠の MES のシステムなどが容易に接続可能なことを示した．これらの中で，特に前身研究のデジタルマニュファクチャリングに関する研究で開発し，㈱ソフィックスが製品化したファナック㈱製オープン NC 用の API である FOCAS1 を，ORiN に接続するためのソフトウェアである FOCAS1 プロバイダや，「②設備情報収集ターミナル　ADDO F2008 ORiN」で紹介した研究成果応用製品についても出展した（図 3.31）．

「⑥遠隔作業・保守支援システム」では，本研究で開発したポータル・コラボレーション型生産支援システム，およびその構成要素である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能を出展した．ただし，出展方法としては，ポータル・コラボレーション型生産支援システムは，概要のパネル展示とし，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能は，パネル，およびデモンストレーション用の動画キャプチャの展示会ブースでの放映，および展示ブースでの実演デモとした（図 3.32）．

「⑦シミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステム」では，本研究で開発し，工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会で製品化作業中のシミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステムを出展した．具体的な出展方法としては，パネル，および実際にシミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステムを動作させた際のビデオを展示会ブースで放映した（図 3.33）．

3.6.4 工作機械の衝突防止と IT 化実用セミナ

2009 国際ロボット展への出展は，研究成果をより広く広報するという点で効果があったが，内容をより深く知りたいという方向けに，基盤的生産技術研究会　標準技術活用ビジネス小研究会主催，ORiN 協議会，工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会協賛により，平成 22 年 1 月 26 日（火）に，当所の研修実習室，および生産システム実験室にて，「工作機械の衝突防止と IT 化実用セミナ」を実施した．

本セミナでは，受講者 2 名に対して 1 台のパソコンを準備し，実習を含む**表 3.1** に示すプログラムで開催した．

本セミナを開催した結果，当初定員を 30 名としたが，定員を上回る受講申し込みがあったため，急遽セミナ会場の増席を図り，最終的に 46 名の参加となった．

受講者から，教材として用いた研究成果，および応用製品の詳細仕様，入手方法，および価格問い合わせをいただくなど，盛況なセミナとなった．また，標準技術活用ビジネス小研究会の活動に賛同頂き，本研究会への新規入会を検討をいただいている受講者もある．

なお，**図 3.34** にセミナ会場の様子を示す．

3.6.5 まとめ　本研究に関連する研究成果の普及活動として，基盤的生産技術研究会　標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会が，研究成果を 2009 国際ロボット展に出展した結果，および，工作機械の衝突防止と IT 化実用セミナとして，実習を含むセミナを実施した結果について報告した．

また，エンドユーザへ配慮させて頂き，詳細報告は控えさせて頂くが，工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会が，本研究成果を活用したシミュレータ連携型工作機械内衝突チェックシステムの実工場でのユーザモニタを実施中である．

今後も本研究，およびグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究やデジタルマニュファクチャリングに関する研究などの研究成果の実用化や普及を促進する活動の一環として，

表 3.1　工作機械の衝突防止と IT 化実用セミナのプログラム

時間	内容
10:00～10:05	開会・諸案内
10:05～10:30	工作機械の情報システム化 (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 技術主幹 木村利明
10:30～11:15	ORiN の概要 ㈱デンソーウェーブ　制御システム事業部　技術１部　副主任　吉田幸重
11:15～12:00	異メーカ・新旧工作機械のネットワーク接続ソリューション アドー・ジャパン㈱　代表取締役　下谷幸久 ㈱ソフィックス　営業部　課長　鈴木崇史
12:00～13:00	昼休み
13:00～13:30	監視用 Web アプリーションプログラミング (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 技術主幹 木村利明
13:30～14:00	MES 連携システム ㈱ケー・ティー・システム 代表取締役　木下守克
14:00～14:30	遠隔作業・保守支援システム (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 技術主幹 木村利明 日本ユニシス・エクセリューションズ㈱　戦略システム事業部 ビジネスシステム１室２グループ　野村昌和
14:30～14:45	休憩
14:45～15:15	工作機械における工具・ワーク計測 ㈱ブルーム LMT 技術支援部長　左山邦彦
15:15～15:40	３Ｄレーザスキャナ パルステック工業㈱　光応用カテゴリー　３Ｄスキャナチーム 主査　寺田久晃
15:40～16:00	工作機械内衝突チェックシステム (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 技術主幹 木村利明
16:00～16:10	休憩
16:10～16:45	模擬工場の見学
16:45～17:00	質疑応答・閉会

図 3.34 工作機械の衝突防止と IT 化実用セミナの様子

一般展示会出展やセミナ開催などの広報活動を実施する予定である.

3.7 あとがき

本研究では，遠隔監視システム，分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システム,およびそれらの情報をTV会議などにより拠点間共有し，遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うポータル・コラボレーション型生産支援システムについて研究し，本システムの実現手法の提案，およびプロトタイプシステムの開発などを行った.また,TV会議により情報共有する工場側の監視技術，および安全技術に関わるシステムのより高い完成度と利便性が求められている背景から，特に工作機械の安全技術に着目し，シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムなどの周辺アプリケーションについても提案した．さらに，本研究に関連する研究成果の普及活動として，研究成果を一般の展示会に出展したり，各種セミナを実施したりするなどで，広報活動に努めた.

本研究のスケジュールは，2 ヵ年計画であり，初年度の平成20年度は，ポータル・コラボレーション型生産支援システムのための TV 会議機能を応用した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の開発を行った．また，周辺アプリケーションの一つであるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムの開発も行った．さらに，これらの研究成果の普及活動として，JIMTOF2008などの展示会出展やセミナなどを開催し，多くの関連業界の方に研究成果を紹介した.

さらに，最終年度である平成 21 年度は，平成20年度に開発した遠隔監監視・保守支援用コラボレーション機能により運用する工場側の遠隔監視システムやドキュメント管理システムの機能の充実を図ることの一環として，多角点画像リンクシステム，および障害状況再現システムを開発し，さらに，研究成果の普及活動を行った．平成 21年度の具体的な成果は次の通りである.

まず，多角点画像リンクシステムの開発では，デジタルカメラなどで撮影した機器の周辺写真，素材や仕掛り品の現物写真などを，3-D モデルに代わるメディアとして扱い，例えば複数の機器の周囲写真や，部分的な拡大写真を視点の変更を想定した順序に並べ替え，さらに写真に写ったスイッチ類などに関連するドキュメント検索キーを付加して，ドキュメント管理システムとも連携運用可能な多角点画像リンクシステムのコンセプトを提案した．また，提案コンセプトに基づく，多角点画像リンクシステムを試作し，遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と連携した運用検証実験を行った結果，従来の3-D表示遠隔監視システムを用いた動作と同様に行うことが可能であった．さらに，開発したシステムは，表示切り替えを行いたい画像を選択するだけで様々な視点の写真に切り替え表示できるため，3-D モデルを基本としたシステムのような3-Dモデルの回転,移動,拡大・縮小などの操作が不要のため，操作時の通信量増加が少なく，インターネットを介した運用には適していることが分かった.

本システムの開発により，3-D 表示遠隔監視システムなどの3-Dモデルを基本としたシステムを用いる場合に必要となる3-Dモデルの作成が不要なることで，運用コストの低減が図れると共に，もともと3-Dモデルとして扱いにくい素材や仕掛り品の情報もポータル・コラボレーション型生産支援システムにおいて活用可能となった.今後は，保守支援用のみならず，作業手順書などへの応用活用についても検討を進め，実用化を目指す予定である.

つぎに，障害状況再現システムの開発では，実際の機器からの情報ではなく，市販のデータベースに蓄積した履歴情報を読み出し，その情報により，すでに豊富に揃っている遠隔監視システムなどの監視用のアプリケーションシステムを再生動作させる障害状況再現システムの手法を提案した.提案した手法に基づく，障害状況再現システムを試作し，3-D 表示遠隔監視システムにより，試作したシステムによる動作検証実験を実施したところ，情報収集の場合と再生動作の場合とで共に3-D 表示遠隔監視システムが正常に動作することを確認した.

これにより，3-D 表示遠隔監視システムなどの監視用アプリケーションシステムを，監視目的のみならず，履歴情報に基づく再生動作に活用可能

となった．今後は，障害状況再現システムの再生動作をスケジュールによるものばかりではなく，例えばMESシステムの複数の機器の接続作業などにおいて，一部の機器を本障害状況再現システムに置き換え，すべての機器がなくても構築作業・テストが行えるような仕組みへの応用利用などについても検討したい．

さらに，研究成果の普及活動では，本研究成果の普及活動として活動中の基盤的生産技術研究会標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会が，研究成果を2009国際ロボット展に出展した．また，工作機械の衝突防止とIT化実用セミナとして，実習を含むセミナを実施した．特にセミナを開催した結果，定員を上回る46名の参加があった．さらに，受講者から，教材として用いた研究成果，および応用製品の詳細仕様，入手方法，および価格問い合わせをいただくなど，盛況なセミナとなった．また，本セミナへの参加をきっかけに，標準技術活用ビジネス小研究会の活動に賛同頂き，研究会への新規入会の検討をされている受講者もおられる．

今後とも基盤的生産技術研究会　標準技術活用ビジネス小研究会，および工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会などを活用し，本研究成果の実用化や普及に努めていく予定である．

第3章の参考文献

1) (財)機械振興協会 技術研究所，平成15年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究　平成16年3月
2) (財)機械振興協会 技術研究所，平成16年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究　平成17年3月
3) (財)機械振興協会 技術研究所，平成17年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業　グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究　平成18年3月
4) (財)機械振興協会 技術研究所，平成18年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業　デジタルマニュファクチャリングに関する研究　平成19年3月
5) (財)機械振興協会 技術研究所，平成19年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業　デジタルマニュファクチャリングに関する研究　平成20年3月
6) 大寺信行，榊原聡，木村利明，情報システム構築のための標準技術の取り組み，システム制御情報学会誌，Vol.51 No.3, 2007, pp.20-25
7) 木村利明，工場内ネットワークによる情報活用の方法，精密工学会誌，Vol.73 No.8 2007, pp.888-892
8) Kimura T., Tezuka H., and Kanda Y., Development of an Information-interoperable Environment Based on Open Technologies for Lean Production Systems, IFIP International Federation for Information Processing, Vol.257, 2008, Lean Business Systems and Beyond, pp.121-128
9) Costanzo F., Kanda Y., Kimura T., Kuhenle H, Lisanti B., Strai J., Thoben K., Wilhelm B., and William P., Enterprise Organization and Operation, Springer Handbook of Mechanical Engineering, 2009, pp.1267-1354
10) 木村利明，犬飼利宏，由井大介，神田雄一，マルチベンダ生産ライン向け3-D表示遠隔監視システムの開発，精密工学会誌，Vol.71, No.3, 2005, pp.374-378
11) 木村利明，日本国特許，特願2007-341038, 2007
12) 木村利明他，標準技術を活用した工作機械内衝突防止システムの開発（第1報）工作機械内衝突防止システムのコンセプト，2007年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集，pp.399-400
13) 木村利明，岡部信孝，神田雄一，工作機械内衝突防止システムの開発（第1報）従来型NC装置向けプロトタイプシステム，日本機械学会[No.08-13]生産システム部門研究発表講演会2008講演論文集，2008, pp.83-84

14) (財)機械振興協会 技術研究所，平成 20 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業　標準技術活用による生産支援に関する研究　平成 21 年 3 月
15) 木村利明，日本国特許，特願 2006-281507，2006
16) 木村利明，日本国特許，特願 2008-106585，2008
17) 木村利明，日本国特許，特願 2008-280226，2008
18) 神田雄一，木村利明，ポータル・コラボレーション型 O&M サポートシステムの研究(第 3 報) 遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の開発，日本機械学会[No. 09-1]2009 年度年次大会講演論文集 Vol. 4, 2009, pp. 327-328
19) 木村利明，伊崎達也，寺田久晃，下谷幸久，左山邦彦，神田雄一，工作機械内衝突防止システムの開発(第 2 報)シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システム，日本機械学会[No. 09-1]2009 年度年次大会講演論文集 Vol. 4, 2009, pp. 321-322
20) Kimura T., Izaki T., Terada H., Shitaya Y., Sayama K., and Kanda Y., A collision prevention system with enhanced functions for detecting work-piese setting defects of machine tools, JSME, Proceedings of the 5th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21 st Century, 2009, pp. 79-82

4．シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究

4.1 まえがき

近年，ものづくりに関わる企業は，製品のライフサイクルの短期化，消費者ニーズの多様化に伴い，従来の多品種少量生産から，需要変動が大きい変種変量の生産への対応を迫られており，これに対応できる，より柔軟な生産システムを早く設計構築することが重要となっている．その解決策の一つとして，より早い段階で，設計の問題を発見し，解決するフロントローディングにより設計の手戻りを極力減らすことが重要となる．最近では，コンピュータの演算速度の高速化や三次元CAD技術など情報技術の進展などが相まって，シミュレーションを利用するフロントローディングによる生産システムの設計・構築に対する期待が大きくなっており，その利用が進展し始めている．しかしながら，生産システムの設計（生産準備）・構築（工程実装）ではさまざまな評価を実施する必要があり，現状，シミュレーションの利用は限定的で，その適用範囲を広げる必要が生じている．

そこで，本研究では，まず，最近重要になっている製造品質の効率的な保証に注目し，ロボットとカメラを利用する外観視覚検査の自動化を対象として，外観視覚検査の自動化構築の課題を整理し，課題を解決する外観検査向け設備シミュレーションの研究を実施した．次いで，近年の変種変量の生産に対応するため，セル生産など，作業者が主体となる生産システムが増加しており，作業者を主体とする生産システムを対象として，生産準備段階の課題を整理し，課題を解決する作業者シミュレーションのモデル化手法の研究を実施した．これらの研究内容と，研究成果の普及活動について以下の節で報告する．

4.2 外観検査向け設備シミュレーションの研究

4.2.1 はじめに　近年の産業界では，国内では熟練作業者の不足，海外では現地化生産の進展などにより，経験の浅い作業者による製造でも一定の品質を効率的に保つことが重要となりつつある．その解決策の一つとして，出荷前の関所とも呼ばれ，従来，作業者による目視に頼っている外観検査の自動化，特に，三次元の多方向・多点・多品番検査に対応するロボットとカメラを利用する外観視覚検査の自動化のニーズが高まっている．

しかしながら，現状，その導入に際して，製品一つ当たりの検査項目や検査点が多く，また，変種変量生産下では製品種類が多いため，カメラの焦点距離や撮像タイミング，ロボットの効率的な動作の調整，視覚検査プログラムの調整などは実機で試行錯誤により実施しており，現場での調整時間が長時間化している．また，新規製品を追加する場合，新たに設備を停止して調整する必要がある．

これらの解題を解決するために，オフライン（仮想環境）でカメラの焦点距離や撮像タイミングの決定，ロボット動作の生成，および，視覚検査プログラムの事前評価を実施する外観検査向け設備シミュレーションの研究を実施している．本報では，まず，外観視覚検査の自動化構築の課題を整理し，課題を解決する外観検査向け設備シミュレーションの基本システムやその実装法を提案し，基礎実験によりその有効性を確認する．

4.2.2 外観視覚検査自動化構築の課題

外観検査の実態調査では，約70%の外観検査は作業者の目視で行われており，いまだに人手に頼る部分が多い[1]．具体的な検査として，寸法検査等の計測関係については自動化が進んでいるが，形状検査，欠陥検出，および異物検出については自動化が遅れていることが指摘されている[1]．人手による検査は，検査システムへの投資を省けコスト的に優位であるが，利用の制約や限界があり，例えば以下のような代表的な課題がある．

- 人による目視検査は見落としや，判断ミスが生じ，不良品の流出が起こる可能性が高まる．
- 判定に個人差があるため，品質が安定せず，品質にばらつきが生じる可能性が

高まる．

これらの課題に対応するために，近年のコンピュータの高速化や画像処理技術の進歩により，外観検査の自動化に期待が集まり始めている．外観検査の自動化の代表的なメリットを以下に記す．

- 想定した範囲での検査見落としを防ぎ，検査品質向上が可能．
- 一定基準の検査で品質の安定性が高まる．
- 連続高速運転が可能．
- 検査結果データや検査画像の保存が可能で，トレーサビリティに利用可能．

他方で，以下のような代表的なデメリットが指摘されている．

- システムの構築（立ち上げ）に時間（期間）が必要．
- 現場で機器を用いた調整が必要で，現状，トライアンドエラーで実施しており，調整時間が掛かる．
- 新規に製品を投入時には検査プログラムの変更が必要．変種変量下では，プログラムの追加修正が頻繁に生じる．
- 初期投資が必要．
- 検査判定にノウハウが必要等．

そこで，近年，外観検査の自動化において，注目されている三次元の多方向・多点・多品番検査に対応するロボットとカメラを利用する外観視覚検査構築を例に課題を具体的に分析した．**図4.1**にロボットとカメラを利用する外観視覚検査システムの例を示す[2)]．**図4.2**に外観視覚検査アプリケーションの例を示す[2)]．**図4.3**(a)に現状のロボットとカメラを利用する外観視覚検査の構築プロセスを整理し，図示する．まず，整理したロボットとカメラを利用する外観視覚検査構築手順を記す．

1. 事前に対象ワークと検査項目を入手．
2. 実験環境で対象ワークの視覚検査プログラムの仕様を作成．
3. 実験環境でロボット動作プログラムをオフラインで作成．
4. 実環境で指定サイクルタイム内で，かつ，障害物に干渉しないで動作するロボット動作プログラムを作成．
5. 実環境でロボット動作プログラムと撮像のタイミングを決定．
6. 実環境で視覚検査プログラムを作成．

これらの中で，4～6の作業は，現場で同時並

図4.1　ロボットとカメラを利用する外観視覚検査システム[2)]

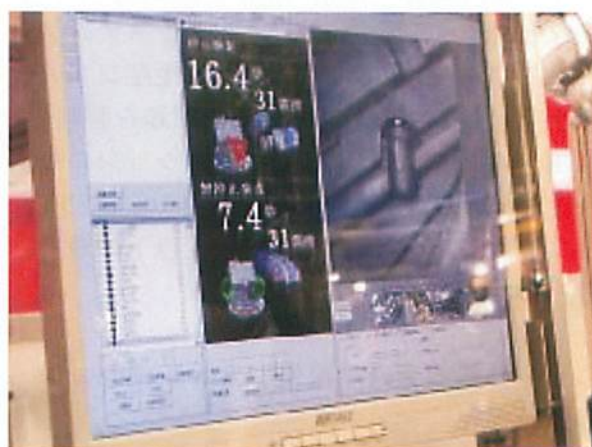



図4.2　視覚検査アプリケーション[2)]

列的に調整を繰り返し，全体の作業時間の80%を占めることがあり，設備の立上げ時間を長期化させる主要因の一つであり，自動化の弊害要因になっている．その主な理由としては，製品一つ当たりの検査項目や検査点が多く，また，変種変量生産下では製品種類が多いため，カメラの焦点距離，撮像タイミング，稼動範囲，軌道等の制約を考慮するロボットの効率的な動作の調整，視覚検査プログラムの調整などの多視点の評価を統合的に実機で試行錯誤により実施していることが挙げられる．また，視覚検査プログラムは導入時には想定する検査項目に対する判定処理を実装し，設備が稼動してから判明することが多いキズ検査等の処理を設備を停止して調整しながら，随時追加・修正しているのが現状である．さらに，新規製品を追加する場合，新たに設備を停止して調整する必要がある．

これらの課題を解決するためには，オフライン（仮想環境）で短時間に精度の高いロボットと視覚検査のプログラミングの実現，および，負事例（例：キズなど）に対するロバスト化の実現が重要となる（**図4.3**(b)参照）．

4.2.3　外観検査向け設備シミュレーションの要件　本研究では，オフライン（仮想環境）でカメラの焦点距離や撮像タイミングの決定，ロボット動作の生成，および，視覚検査プログラムの事前評価を実施する外観検査向け設備シミュレーションを提案する．提案する設備シミュレーションを利用して，以下の活動の実現を目指す．

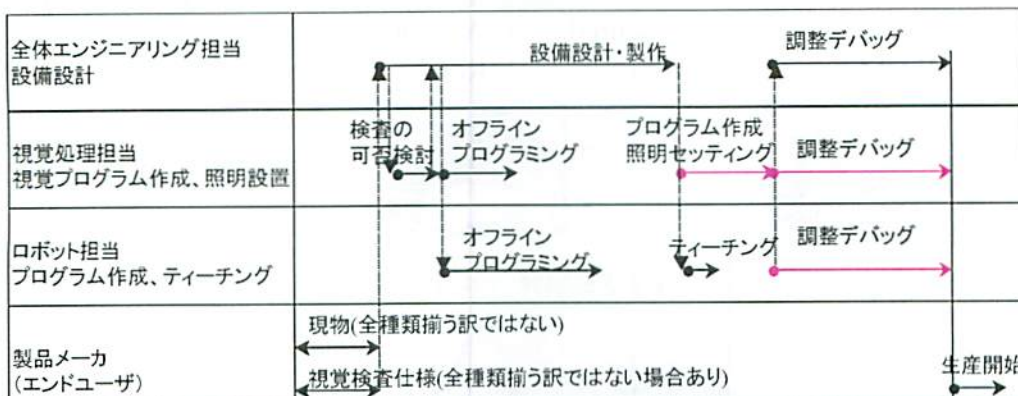
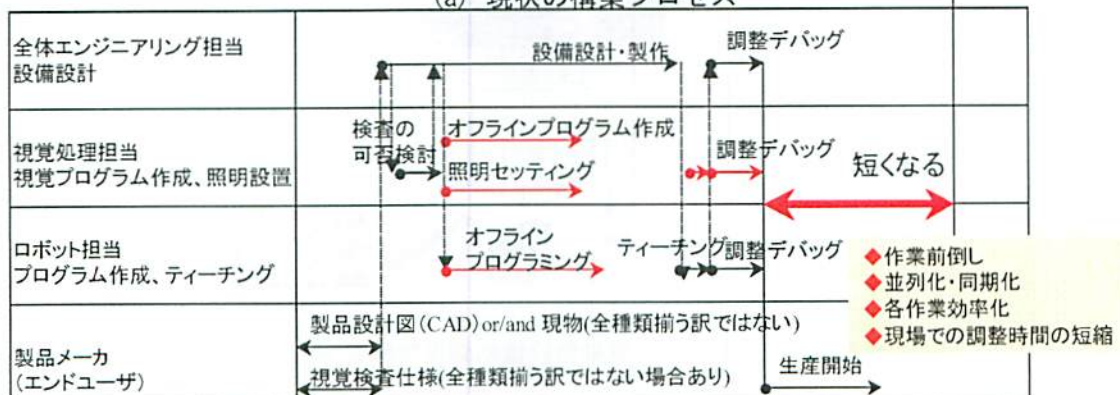
1. 仮想空間内でカメラ，光源，ワーク（製品）等をレイアウトし，最適な撮像箇所を検討．

(b) 提案する設備シミュレーションを利用する構築プロセス

図4.3　ロボットとカメラを利用する外観視覚検査の構築プロセス

2. カメラの焦点距離・広角，ロボットの到達可能範囲，ワークの検査範囲等から最適な検査点を逆算.
3. 検査対象ワークの背景や障害物,および,光源の種類やその位置による濃淡情報を含んだ画像を生成.
4. 多点検査の場合のカメラの切り替えタイミング等を実際の設備で用いる実デバイス（例えばPLCなど）を用いて検証.
5. 検査点を通るロボットの軌道を生成し，ロボットの干渉チェック評価やサイクルタイムを事前に算出し，ロボットプログラムを事前に作成.
6. 3で生成された画像を利用して，視覚検査プログラムを事前に作成.
7. 負事例（例：キズモノ）を生成し，視覚検査プログラムの不良品検出能力の向上を事前に検討.

これらの中で1・2・7はCADシステム単独でも実現可能と考えられるが，提案する設備シミュレーションは1～7を同時に実現を目指す.

これまでの研究では，実際のFA機器やそのエミュレータなどをシミュレーションに活用する設備シミュレーション環境[例えば3)～8)]，および，シミュレーションモデルに設備制御機能を持たせるシミュレーションモデル駆動型設備制御環境を提案した（**図4.4**参照）．これらの開発した設備シミュレーション環境は，三次元空間を利用して設備の振る舞いを模倣する機能を持ち，かつ，実機との接続を容易にする機能を持つ．標準技術のミドルウェアを利用して開発してお

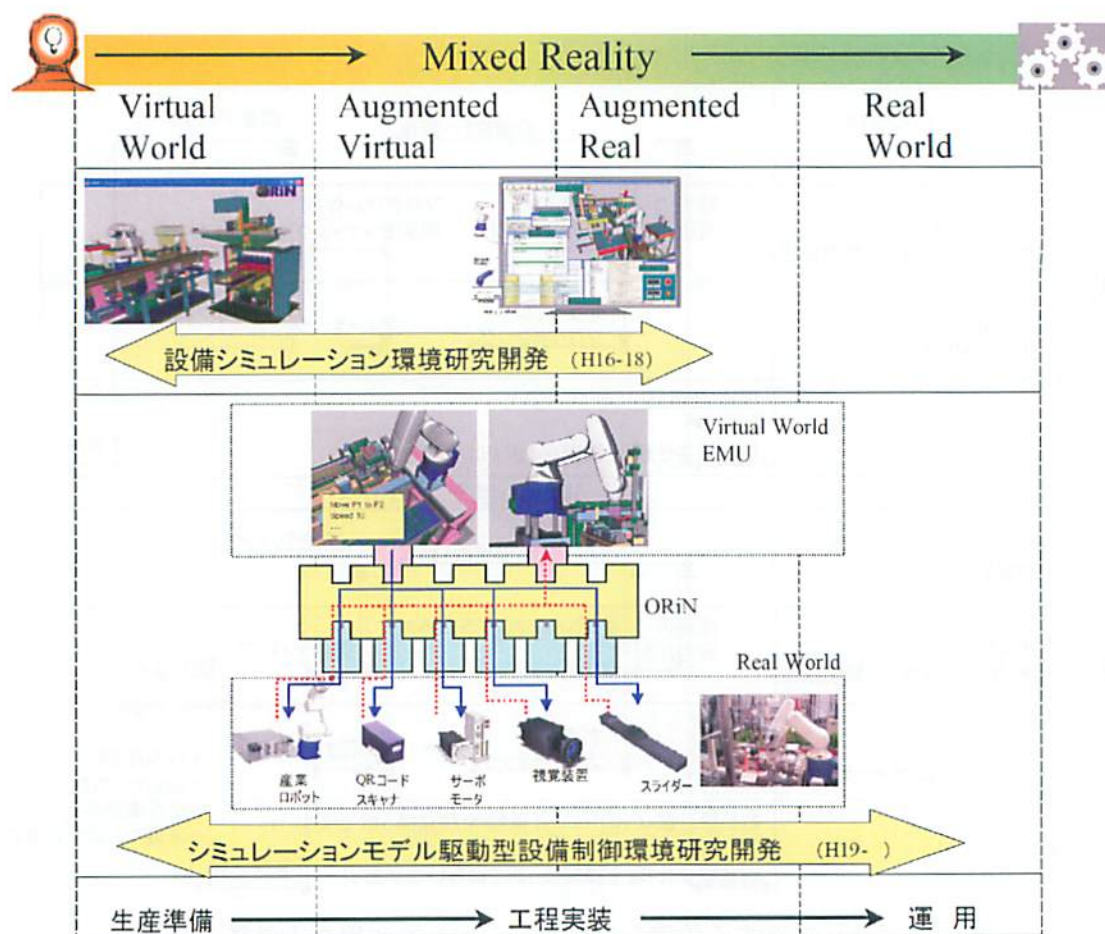



図4.4 これまでの設備シミュレーションの研究開発概要

り，新たなシステムとの接続も容易である．そこで，今回の外観検査向け設備シミュレーションは，これまでに開発した設備シミュレーション環境を基礎として，新たな機能を付加して開発する．

4.2.4　基本システム構成　3章の活動要件を実現するために，設備シミュレーションでは大きく以下の5の必要機能（**図4.5**参照）を提案する．

(1) 製品や設備の三次元CADデータを用いて，CGを利用する仮想空間内でロボットを動作させ，それに同期して仮想空間のカメラで外観を撮像する機能．

(2) 撮像した画像を実空間で使う画像処理システムへ転送し，視覚検査プログラムの事前評価を実施する機能．

(3) 仮想空間と実デバイス（例えばPLCなど）の同期・連携機能．

(4) 仮想空間のロボットとロボットシミュレータとの異種シミュレーションの同期・連携機能．

(5) 負事例画像の生成機能．

提案する外観検査向け設備シミュレーション環境を**図4.6**に，その動作内容を**図4.7**に，システム構成を**図4.8**に示す．

(1)の機能を実装するために，新たに設備シミュレータ（EMU）を開発する．EMUの主な機能は，仮想空間内のロボットなどの三次元設備モデルのメカ的な動きを模倣する機能（ツリー表現による動作記述），仮想カメラによる撮像および画像生成機能，仮想照明の設置とその模倣機能，三次元CAD情報の描画機能，産業用ミドルウェアORiNとの連携機能（実プログラムとの連携）等である．EMUの描画部を**図4.9**に示す．また，複数カメラを使った視覚検査ロボットの教示に関して，検査点毎にカメラの焦点距離等を考慮してカメラとレンズを選択しながら，教示する必要があり，EMUでは，これらの作業の支援機能も開発する（**図4.10**，**図4.11**参照）．

(2)の機能の内，視覚検査プログラムとEMUとの情報連携として，以前の研究で提案しているソフト結線システム[1]を利用する．ソフト結線システムは，産業用ミドルウェアORiN[9]を利用

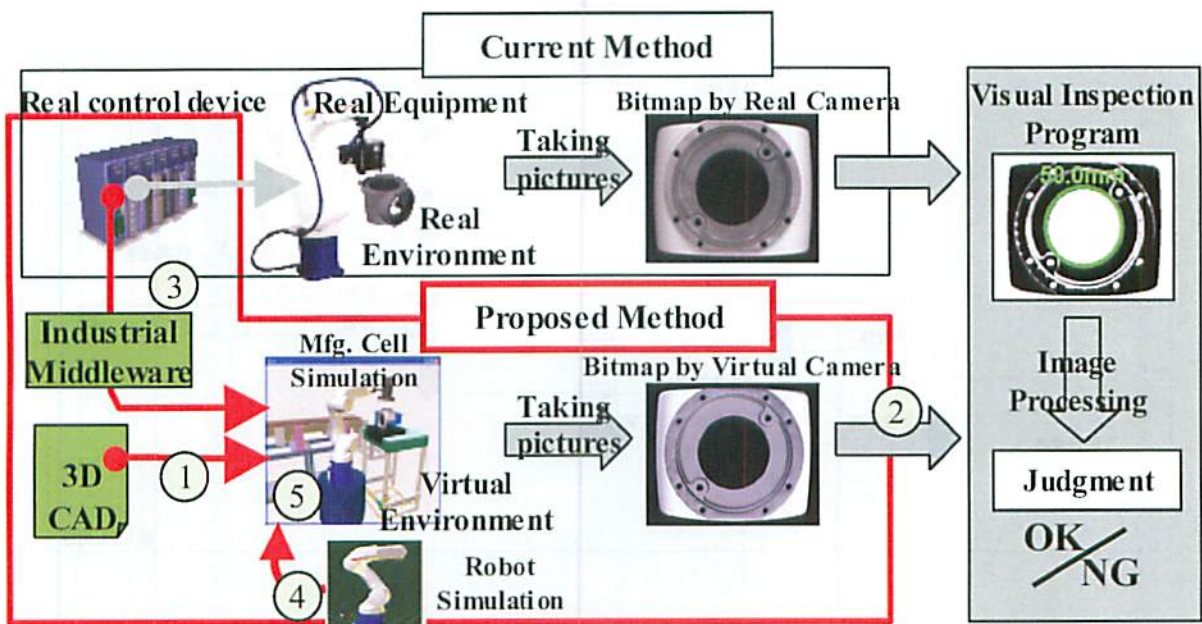



図4.5　提案する外観検査向け設備シミュレーション

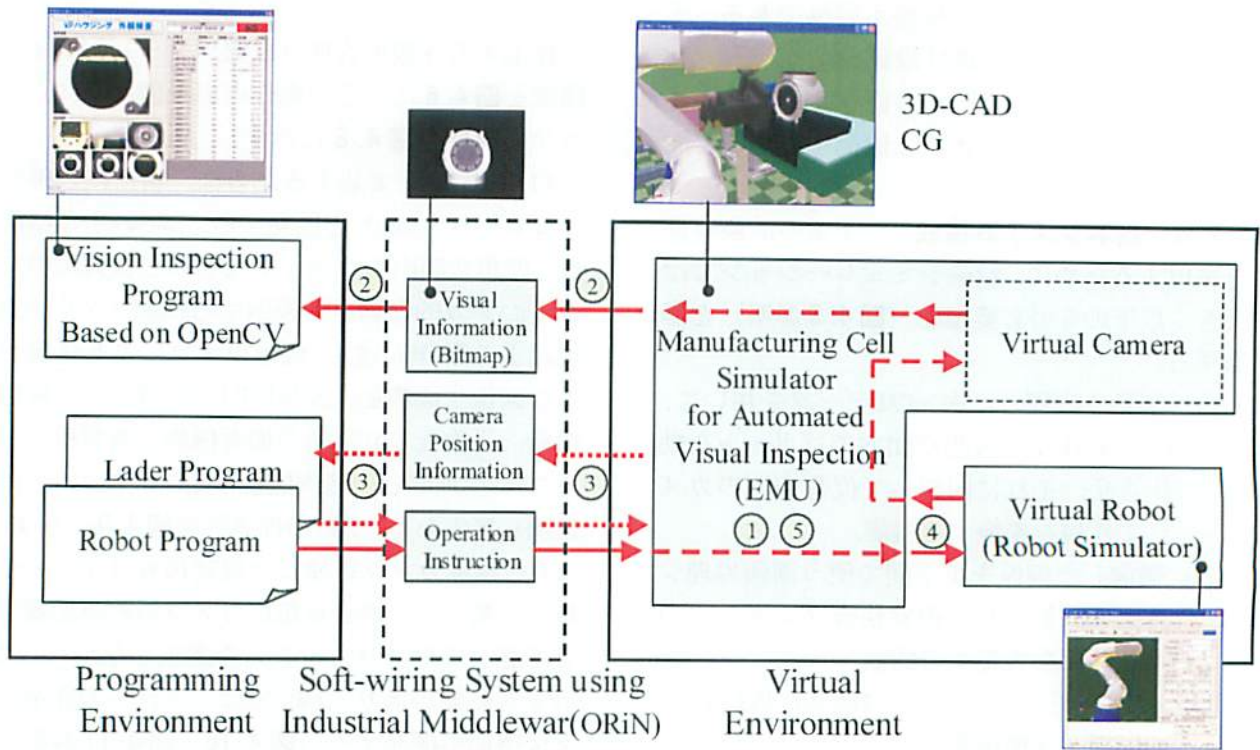



図 4. 6　提案する外観検査向け設備シミュレーション環境

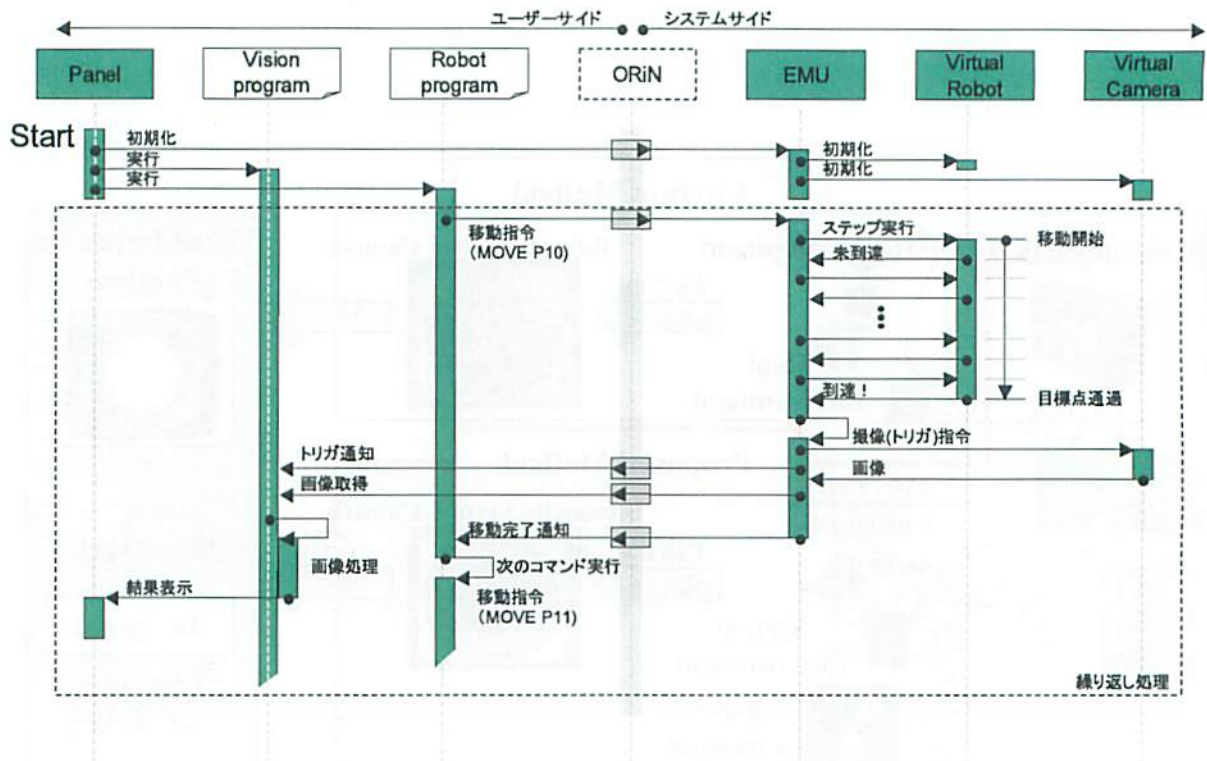



図 4. 7　提案する外観検査向け設備シミュレーションの動作内容

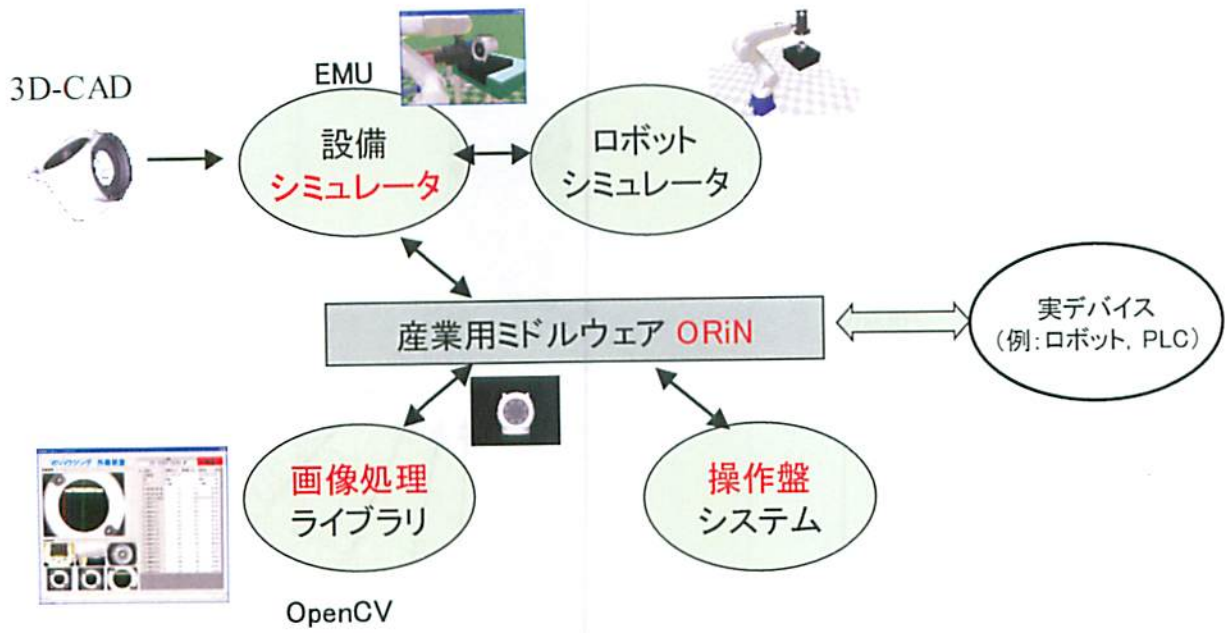



図4.8　提案する外観検査向け設備シミュレーションのシステム構成

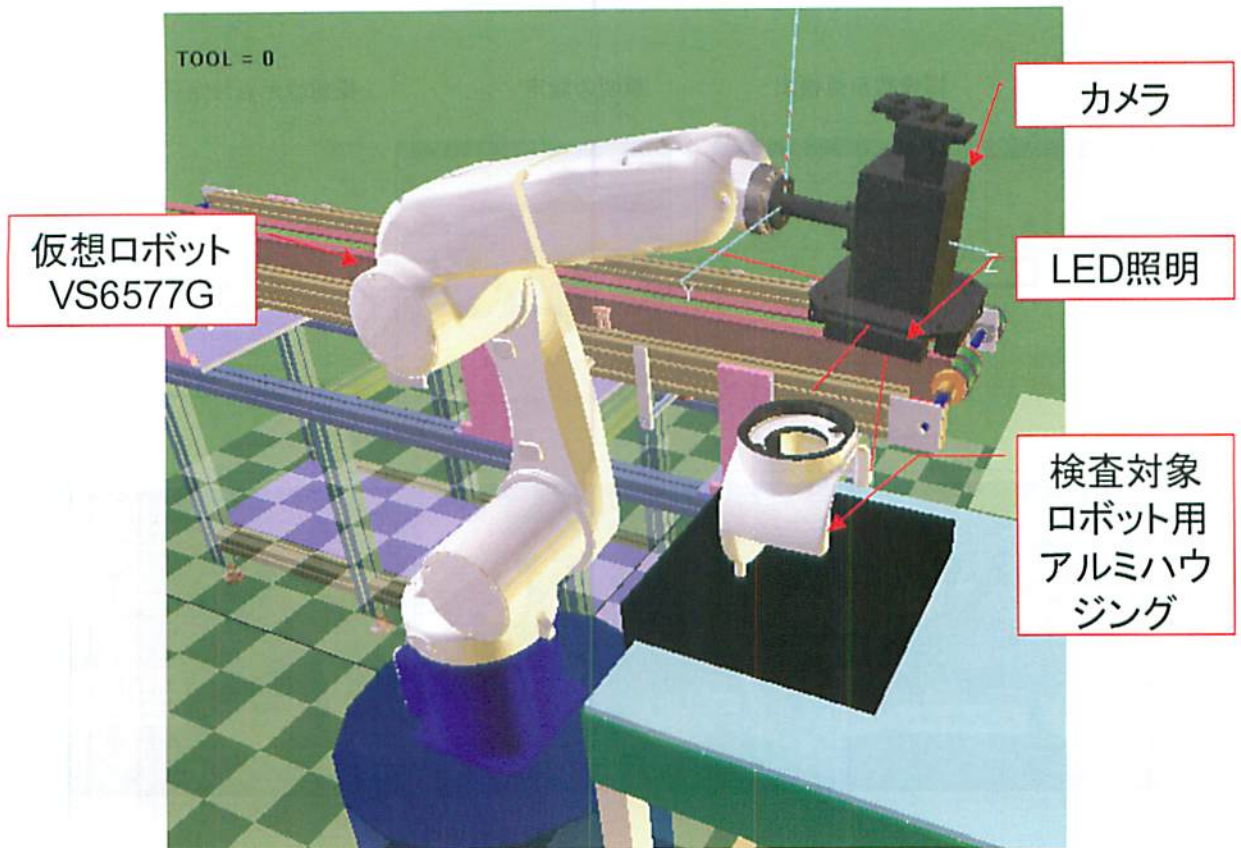



図4.9　開発した設備シミュレータ EMU

図4.10　教示点支援システムの概要

図4.11　教示点支援システムの例示

し，接続する機器，制御機器，各種プログラム，シミュレータの結線をソフト的に実現するシステムである．このシステムにより，Bitmapなどの画像情報を転送する．視覚検査プログラムとしては，今回は，画像処理の準標準化手法のOpenCV[10]を利用する．

(3)の機能の実装には，(2)と同様にソフト結線システムを利用する．このシステムにより例えば，機器が持つI/Oや変数に格納された情報を別の機器やシミュレータへ転送できる．

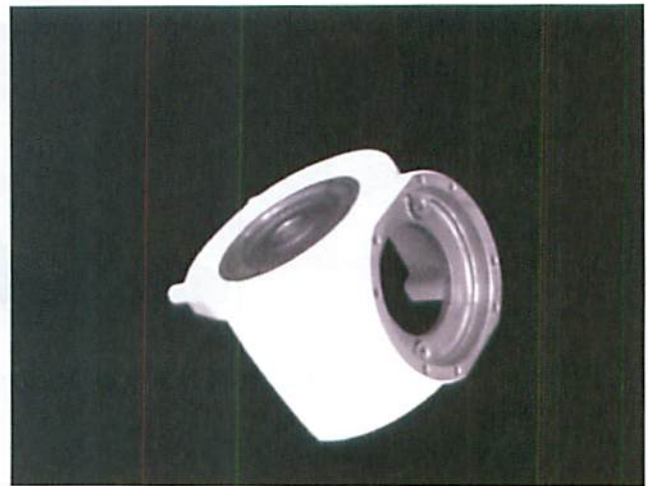
実ワーク

仮想ワーク

図4.12　検査対象ロボット用アルミハウジング

図4.13　実験のシステム環境

図 4. 14　仮想カメラで指定のタイミングで撮像する様子

図 4. 15　視覚検査プログラムの動作の様子

(4)の機能を実現するために，今回はコンサバティブな分散同期手法を実装する．ロボットシミュレータは，デンソーウェーブ社のWINCAPS3[11]を利用する．

(5)の機能を実現するために，三次元CAD情報にキズなどの負の事例を生成する手法を実装する．

提案するシステム構成としては，(1)(4)(5)の機能実装部の仮想環境，産業用ミドルウェアORiN，および，プログラミング環境で構成する．

4.2.5 基礎実験　ロボット用のアルミハウジングを対象とする外観検査の基礎実験を実施し，提案する設備シミュレーションの有効性を評価した．代表的な外観検査項目である，品番読取，キズ有無，バリ有無，欠品有無，配置（加工穴の位置など），寸法計測（内径など）の6項目を対象にした．撮像は6箇所実施した．外観検査対象は1品種で，製品情報としては正事例モデルと2つの負事例モデルを準備した．カメラは，3台ロボットに搭載するとした．光源は，設備外部からの1つの平行光源と天井に2つの点光源，および，ロボット先端に1つのスポット光源を設定した．撮像のタイミング処理は，ロボットプログラム内で行い，PLCなどの機器を利用しないで，非同期で実施した．実験は1台のPCで実施した．PCの構成はOS: Windows vista Ultimate 32bit版，CPU: Xeon W3520 2.66GHz，グラフィックボード：NVIDIA QuadroFX 580，メモリ:2GBである．ロボット用のアルミハウジングデータは，三次元CADのPro-Eで作成され，EMUの描画エンジンであるDirect-X形式に変換し，EMU内で使用した．変換されたデータのポリゴン数は65481ポリゴンであった．**図4.12**に，検査対象であるロボット用のアルミハウジングの実ワークと仮想ワークを示す．**図4.13**に，本実験のシステム環境を示す．

基礎実験の結果，ロボットプログラムで動作される仮想空間のロボットに設置された仮想カメラで外観を指定のタイミングで撮像し（**図4.14**参照），外観画像（今回は48万画素）を生成できた．EMU内のロボットとWinCaps3内のロボットは同期できた．生成された画像を視覚検

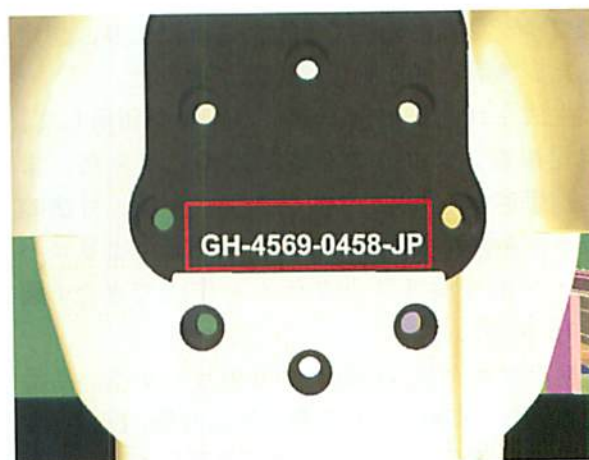



図4.16　品番読取検査

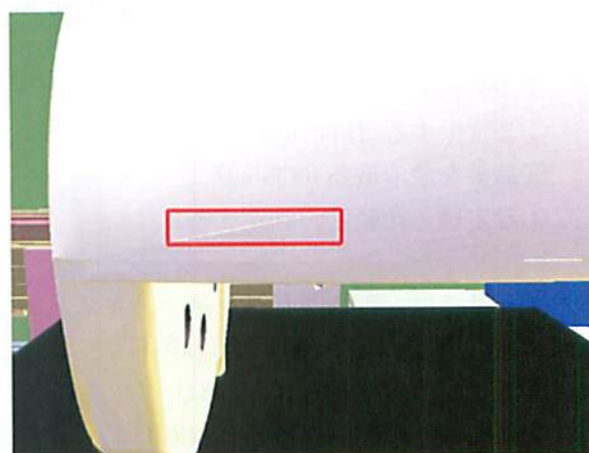



図4.17　キズの有無検査

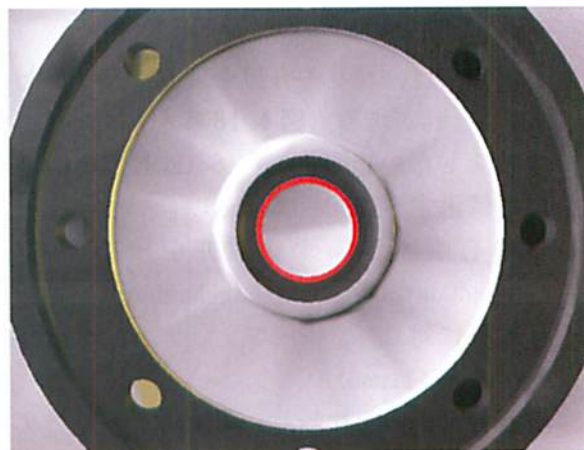



図4.18　バリ有無の検査

査プログラムに転送できた．これにより，想定したシステム的な動作は確認が取れた．

生成された正事例モデルの画像を利用して，視覚検査プログラムを事前に作成できた．また，想定するキズ，バリ，欠品，配置，寸法の負事例を含む負事例モデルを利用してよりロバストな視覚検査プログラムを作成できた（**図4.15**参照）．

検査プログラムにおける6項目である，品番読取，キズ有無，バリ有無，欠品有無，配置（加工穴の位置など），寸法計測（内径など）の具体的な検査内容とOpenCV関数の関係を以下に記す．

まず，品番読取検査では，印刷された品番を読み取り，間違えがないか検査する（**図4.16**参照）．

①予め決められた範囲を切り取る(Cut)．
②2値化する(Threshold2)．
③品番を読み取る(OCRead)．
④設定値と比較し，判定する．

キズ有無では，キズの有無を調べ，キズがあればNG品と判定する（**図4.17**参照）．

①エッジ検出を行う(CannyEx)．
②検査したい範囲を絞る(SetROI)．
③検査範囲にエッジがあるか探索する(Trim)．
④範囲にエッジがある場合は，それを傷と判定する．

バリ有無では，バリの有無を調べ，バリがあればNG品と判定する（**図4.18**参照）．

①検査したい範囲を絞る(SetROI, Trim)．
②2値化する(ThresholdEx)．
③中心座標が属する輪郭を検出する(FindContours, ContoursNumber)．
④輪郭に対して，楕円フィッティングを行う(FitEllipse)．
⑤輪郭と楕円を比較し，閾値によってバリの有無を判定する．

欠品有無では，外周の穴が既定の位置にある

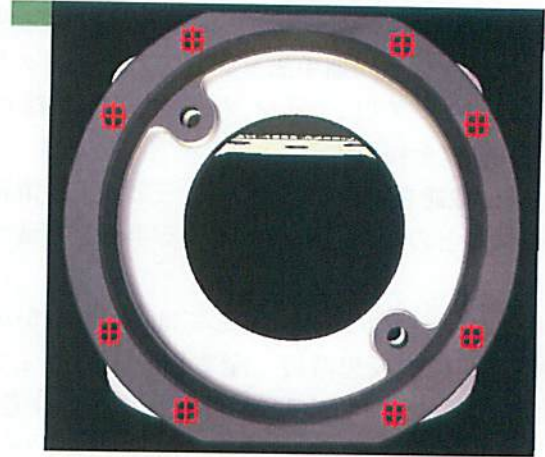



図4.19　欠品有無の検査

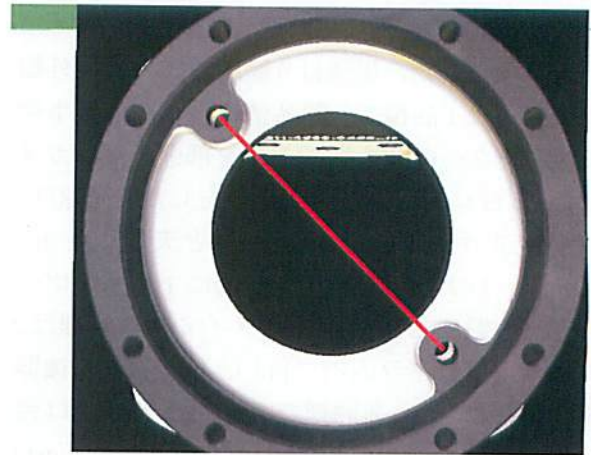



図4.20　配置（加工穴の位置）検査

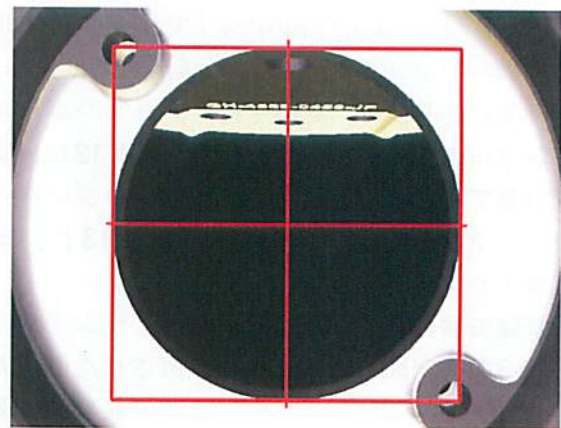



図4.21　寸法検査

か調べる（**図 4.19** 参照）.

①2値化する(ThresholdEx).

②輪郭を検出する(FindContoursEx).

③検出した輪郭それぞれの中心座標・半径・長軸短軸の差を調べて，既定の穴かどうか判定する.

配置（加工穴の位置など）では，穴が既定の角度にあるか調べる（**図 4.20** 参照）.

①2値化する(ThresholdEx).

②白い面（面A）が属する輪郭を検出する(FindContours, ContoursNumber).

③楕円フィッティングを行い，楕円と輪郭との差を検出する(FitEllipse).

④輪郭の差の部分に検査したい穴が所属しており，その中心を検出し，傾きが規定値であるか検査し，判定する.

寸法計測（内径など）では，内側の穴の大きさを調べる（**図 4.21** 参照）.

①2値化する(ThresholdEx).

②中心に一番近い中心座標を持つ輪郭を検出する(FindContours, ContoursNumber).

③楕円フィッティングを行い，長径と短径を算出する(FitEllipse).

設備シミュレーションによる生成画像と実画像との比較実験では，輝度値に差異があった．ただし，輝度値に関する画像処理の閾値調整は，現場で微調整で修正可能であることが分

```
' ----------- バリ検出 本体 ----------------------
Function FindBari(ByVal VarsNum, ByRef Value)
    app.OnErrorGoto "Err"

    Dim Result          ' 各処理の結果
    Dim Circumference   ' 楕円の円周
    Dim TempX ,TempY    ' 範囲を絞り込んだ左上座標　輪郭描画に使う
    Dim ROI(3)
    Dim sikii           ' 二値化の閾値

    ' 初期化
    FindBari = -1
    ROI(0) = 270      ' 円のあたりをつけておく範囲　決めうち
    ROI(1) = 150
    ROI(2) = 300
    ROI(3) = 300
    sikii = 40

    m_caoFileImg.ID = VarsNum
    m_caoFileResultImg.ID = 121

    ' エッジ検出とTrimで範囲をさらに絞る
    m_caoFileImg.CannyEx m_caoFileResultImg.ID, 255, 255, 3
```

図 4.22　輝度値に関する画像処理の閾値調整

かった（**図4.22**参照）が，今後，増し実験が必要である．

基礎実験により新たに分かった利点として，視覚検査プログラム作成時には，生成される検査画像における検査対象の大きさが精度良く事前に入手できることの重要性である．画像の判定領域が事前に分かると，画像における対象の位置関係が明確になり，検査探索範囲が狭まり，視覚検査プログラム開発効率が高まることが分かった．

今後も引き続き基礎実験が必要であるが，今回の基礎実験を通して，提案する設備シミュレーションは，ロボット用のアルミハウジングの外観検査において有効であると考える．また，本実験は，すべて1台のPCで実施しており，性能的にも実用化レベルに達していると考えている．

4.2.6 おわりに　本報では，外観検査向け設備シミュレーションの基本システムやその実装法を提案し，基礎実験によりその有効性を確認した．本研究の最終目標は，①現場調整作業20%以下，②稼動後の修正作業50%減であり，今後も引き続き基礎実験を実施し，達成度を検証していく．なお，本設備シミュレーションに関して，現在，特許4件を出願中である．

4.3 生産システムの作業者シミュレーションのモデリングの研究

4.3.1 はじめに　近年，変種変量の生産に対応するため，セル生産など，作業者が主体となる生産システムが増加している．他方,生産システムの評価手法としてシミュレーションの有効性は様々な事例を通して確認されている[例えば3〜8)]が，作業者を主体とする生産システムの場合，一般的な「資源」という役割に加え，「搬送システム」という役割を同時にシミュレーションモデル内に構築する場合が多く，モデルが複雑になり専門的な技術者を必要とする場合が多い．また，その構築・評価時間が長期化し，モデリングコストの増加の課題が生じている．

そこで，筆者らは作業者シミュレーションモデルの構築支援システムの開発を実施している．本報では，まず，過去の作業者シミュレーションモデルを分析し，その構造と課題を整理する．次いで，課題を解決するための作業者モデルの表現方法を提案し，ケーススタディによりその有効性を確認する．この作業者モデルの表現方法の実装方法を提案し，基礎実験により，その有効性を評価する．

4.3.2 作業者シミュレーションモデルの分析　過去の事例を利用して，作業者シミュレーションモデルの構造を分析し，作業者シミュレーションモデルの主要な3つの要素である「モノ」「作業者」「工程」と，それらの要素間の5つのアクティビティを抽出した．それらを**図4.23**に示す．

(1) 主要な3要素

i モノ　：部品や製品など，モデル内を流れる要素．

ii 作業者：工程での処理に必要な資源としての役割や工程間の運搬を行う要素．

iii 工程　：場所・設備という様な物理的な特

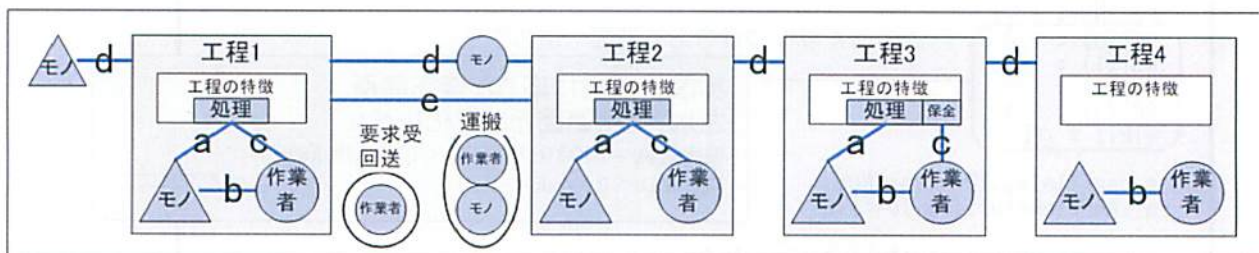



図4.23　作業者モデルの要素とアクティビティ

徴以外に，モノに付加価値を与える「処理」という作業を含む要素，バッファの場合は処理がない工程として扱う．

(2) 5つのアクティビティ

a. モノ-工程　：工程内で行う「処理」という作業．

b. モノ-作業者：工程内で，モノの運搬に関わる作業．運搬は工程間を移動することであり，工程内で行う作業はモノを「取る」と「置く」の2つとなる．

c. 作業者-工程　：工程内で行う「処理」に対して作業者が行う作業．処理に作業者が必要かということで，「資源」としての役割を表す．一般的には「保全」作業にも「資源」としての役割が存在する．

d. 工程-工程(モノ)：モノの移動．この集合がモノの経路情報となり，モノの流れ方を定義する．

e. 工程-工程(作業者)：作業者の移動．移動は「運搬」「回送」「予約」の3種類に整理できる．

作業者シミュレーションモデルを作成する際に，明確にする必要がある表現は，大きく以下の4つとなる．

① モノの流れ方の表現
② 工程自体の特徴の表現
③ 作業者の工程内での作業内容の表現
④ 作業者の工程間移動の表現

①は，モノの投入スケジュールや加工経路，各工程での処理時間などの表現である．②は，主に工程の物理的な特徴の表現で，例えば工程が加工機なのかバッファなのかを指す．①および②については，工程自体の特徴と[a. モノ－工程]の作業，[d. 工程-工程(モノ)]の移動で表現する．一般的なシミュレータでは，トランザクションやファシリティを利用することでその表現は可能である．③は，作業者が工程内で行う状況に応じた作業の表現であり，[b. モノ－作業者]と[c. 作業者-工程]の作業が該当する．④は，作業者が次にどの工程へ行くか，という行き先判断の表現であり，[e. 工程-工程(作業者)]の移動先を決定する際に使用する．

作業者シミュレーションモデルでは，③および④の表現方法が明確になっておらず，体系的な表現方法がないため，専門的な技術者が必要で，かつ，その構築・評価時間が長期化していると考えられる．本報では，③および④の表現方法を以下の章で提案する．

4.3.3 作業者の工程内での作業内容の表現方法

作業者の工程内での作業とは，第2章で示したとおり，[b. モノ－作業者]と[c. 作業者-工程]で行う作業と整理できる．bはモノの運搬に関わる工程内の作業であり，モノを「取る」「置く」の2つとなる．cの作業は「処理」である．また，例外的な作業として「保全」という作業も存在する．これらを合わせ，作業者が工程内で行う作業は「取る」「置く」「処理」「保全」の4つであると整理できる．この4つの作業を組合せて，代表的な生産システムの工程内における作業者の作業内容を単純化して表現する方法を提案する．作業とその実行順の組合せで表現した代表的な作業パターンの例を**表4.1**に示す．

例えばNo.1のセル生産方式の場合，作業者の工程での作業内容は，運搬してきたモノを「置き」，何らかの「処理」を行い，「取って」次工程へ運搬すると表現できる．No.2の自動加工機間の運搬を作業者が行うシステムの場合，加工が完了したモノを「取り」未加工のモノを「置く」と表現できる．No.3の流れ生産の場合は，作業者は工程の「処理」のみを行うと表現できる．表中の数字は，作業者がその工程で「実行を試みる」作業の順序を表す．実行を試みるとは，状況によって実行不可能な作業は省略可能ということである．例えばNo.2の工程で，作業者がモノを運搬してきたが工程にモノが無い場合，作業者は1番目の「取る」を省略し2番目の「置く」を行う．

4.3.4 作業者の工程間移動の表現方法

作業者の工程間移動は，第2章で示した[e.工程-工程(作業者)]の移動であるが，この移動は「運搬」「回送」「予約」の3種類に整理できる．以

下にそれらの用語定義を記す.

・運搬：モノをモノの経路情報に従って次工程まで搬送する積載移動.

・回送：実行可能な作業が全工程に存在しない場合，待機工程へ戻る空荷移動.

・予約：実行可能な作業が他の工程に存在する場合，その工程までの空荷移動.

このうち，「回送」と「予約」は，移動先候補が複数存在する場合が多く，複数の移動先候補の中から1つを選択する単純な指標として，従来から以下のものが利用されている.

・指定順：移動先候補の中から順番に行先を選択.

・発生順：移動先候補の中の作業発生時刻順に選択.

しかし，作業者シミュレーションモデルでは，判断時の作業者と工程の場所や状況次第で，移動先の決定を動的に行う必要がある．そこで，作業者の場所を考慮した指標と，指標を利用するために必要な属性情報を合わせた表現方法を提案する.

(1) 作業者に付加する属性情報

・担当範囲と検索順：担当範囲は，作業者が担当可能な工程の範囲を表す情報．検索順は予約移動判断時に担当範囲内の作業を検索する順序の情報.

・待機工程：待機工程は，実行可能な作業が全工程に存在しない場合，作業者が回送移動し，次の作業が発生するまで待機する工程であるという情報.

(2) 工程に付加する属性情報

・作業パターン省略不可：予約移動先として工程を選択するには，移動後にその工程の**表4.1**の作業パターンの作業がすべて実行可能な場合のみという情報.

・猶予時間：その工程の**表4.1**の作業パターンに従い作業を試みた結果，実行不可能であり作業を省略する，という状況において，この時間だけ省略を待つという情報.

(3) 作業者の場所を考慮した指標

・検索順を最初から：作業者の検索順を昇順または降順に検索し，最初の待機/予約可能な工程を選択する.

・検索順を現在位置から：作業者の検索順を，作業者の現在位置から昇順，または降順に検索し，最初の待機/予約可能な工程を選択する.

4.3.5 提案する作業者シミュレーションモデルのケーススタディ

提案する表現方法を利用して，**図4.24**の生産システムを例に作業者モデリングを行い，表現方法の有効性を確認する.

図4.24の生産システムは12工程で，モノは工程1～12を順に流れる．工程1，4はバッファ，

表4.1 工程での代表的な作業パターン

No	パターンで表現される工程の概要	作業と実行順序			例外
		置く	処理	取る	保全
1	セル生産方式における組立工程の様な工程	1	2	3	あれば
2	自動機ラインの運搬を作業者が行う様な工程	2	－	1	あれば
3	流れ生産における組立工程の様な工程	－	1	－	あれば
4	バッファの様な工程	1	－	2	あれば
5	搬送の始点となるような工程	－	－	1	あれば
6	搬送の終点となるような工程	1	－	－	あれば
7	自動化ラインの保全のみを作業者が行う様な工程	－	－	－	あれば

工程2，3および工程10～12は設備による自動加工，工程5～9はセルによる組立を行う．工程10～12は搬送設備による自動搬送である．また，担当する作業者は3人である．この生産システムにおける作業者の運用方法を決定するため，以下の2つの運用案の比較検討を行っていると仮定した．

(1)運用案1　：作業者の作業分担は，作業者1が工程1～3の運搬を，作業者2が工程4～6の処理と運搬を，作業者3が工程7～9の処理と運搬を担当する．この場合，工程4～9のセルは分割型となる．工程1～3の運搬は入替方式で行う．

(2)運用案2　：工程10～12の運搬を変更し，作業者1が工程1～3と工程10～12の運搬を，作業者2，3とも，工程4～9の処理と運搬を担当する．この場合，工程4～9のセルは巡回型となる．工程1～3および10～12の運搬は入替方式で行う．

提案する表現方法による2つの運用案のモデルを**表4.2，4.3**に示す．運用案1では，各作業者の担当範囲へ進入するモノの流れは1つのみのため，進入工程を待機工程とし，猶予時間を無限とすることで，待機工程ではモノが来るまで待つことを表現している．工程5～9の工程の作業パターンNoを1とし，作業者2，3の担当範囲を分けることで分割型のセル生産方式を表現している．工程2，3の作業パターン省略を不可とすることで，工程2，3工程への空荷移動を禁止し，入替方式の運搬を表現している．

運用案2では，作業者1の担当範囲に進入するモノ流れは2つあるため，進入工程のそれぞれを待機工程とし，猶予時間を1分とすることで，工程にモノがなくても1分は待つことを表現している．この時刻を調整することで，空荷移動と待ちの2つのムダの評価も可能となる．また，作業者2，3の担当範囲と待機工程を同じとすることで，巡回型のセル生産方式を表現している．

本ケーススタディを通じて，提案する表現方法が代表的な作業者を主体とする生産システムの表現に有効であることが確認できた．

4.3.6　実装方法　提案する作業者シミュレーションモデルの実装を，表計算ソフトウェアのExellと商用の生産システムシミュレータWitness[12]で実施した（**図4.25**参照）．Exell上で，作業者シミュレーションモデルをモデル化して，作成されたモデルのシミュレーションをWitness上で実施する構成を提案する．シミュレーションの結果は，Exellに反映される構成とする．提案する作業者シミュレーションモデルに対応する実行ライブラリィをWitnessで準備する．これにより，利用者はシミュレーション実行部を意識することなく，かつ，シミュレーションプログラムを作成することなく，作成したモデルのシミュレーションを実行することを目指す．将来的には，モデリング結果を，XML等の汎用情報を利用してデータ化して，その汎用データを生産システムシミュレータが読み込み，シミュレーションを実行する構成を考

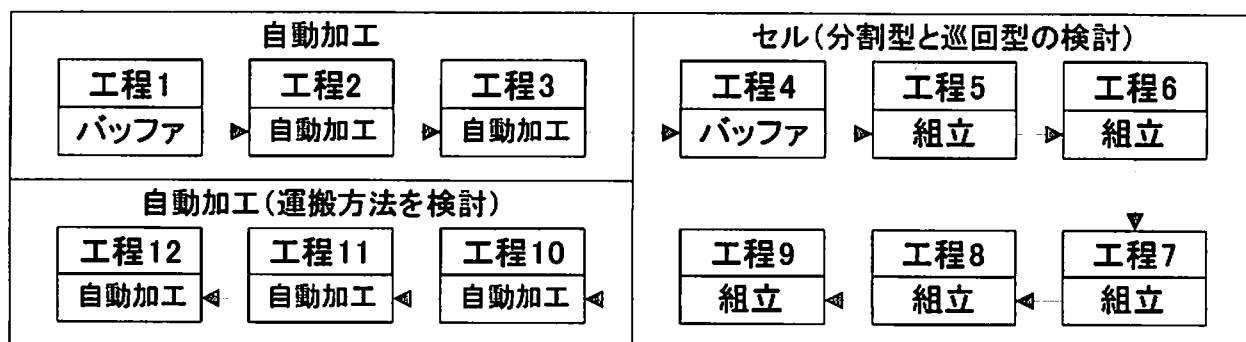



図4.24　ケーススタディの生産システム

えていく予定である．これにより，モデリング部とシミュレーション実行部を疎結合となり，より汎用的な作業者シミュレーションを実現することを考えている．

4.3.7 基礎実験 実装した作業者シミュレーションモデルとそのシミュレーションについて基礎的な実験をした．**図4.26**に示すような設備15台，作業者3名で構成される仮説の生産システムを対象とした．3つの代替案をモデル化し，シミュレーションを実施した．3つの代替案は，セル型生産システム（**図4.26**参照），工程内が自動化され作業者が持ち回りで運搬する生産システム（**図4.27**参照），ライン型生産システム（**図4.28**参照），である．これら3つの生産システムは，Exell上で，モデル化できた．その際，最初のモデルの変数を変える程度で大きな変更が必要なくモデル化できた．Witness上でも最初に作成したシミュレーションプログラムの変数を変える程度で大きな変更が必要なく3つの代替案を検証できた（**図4.29**参照）．作業者シミュレーションモデルの工程モデルに対応するWitnessでの実行ライブラリィ

表4.2 運用案1のモデル表現

工程番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工程の作業パターンNo		5	2	2	4	1	1	1	1	1	7	7	7
担当範囲と探索順	作業者1	1	2	3									
	作業者2				1	2	3						
	作業者3							1	2	3			
待機工程		待機			待機			待機					
作業パターン省略不可			不可	不可									
猶予時間		無限			無限			無限					
各作業者とも、回送先・予約先となる工程が1箇所のみのため、選択指標は不要													

表4.3 運用案2のモデル表現

工程番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工程の作業パターンNo		5	2	2	4	1	1	1	1	1	2	2	2
担当範囲と探索順	作業者1	1	2	3							4	5	6
	作業者2				1	2	3	4	5	6			
	作業者3				1	2	3	4	5	6			
待機工程		待機			待機						待機		
作業パターン省略不可			不可	不可								不可	不可
猶予時間		1分			無限						1分		
作業者1の回送先・予約先の選択指標はどちらも「検索順を現在位置から(昇順)」													

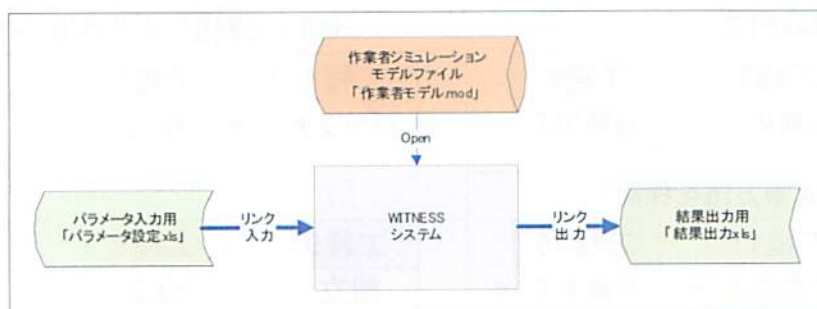



図4.25 実装方法

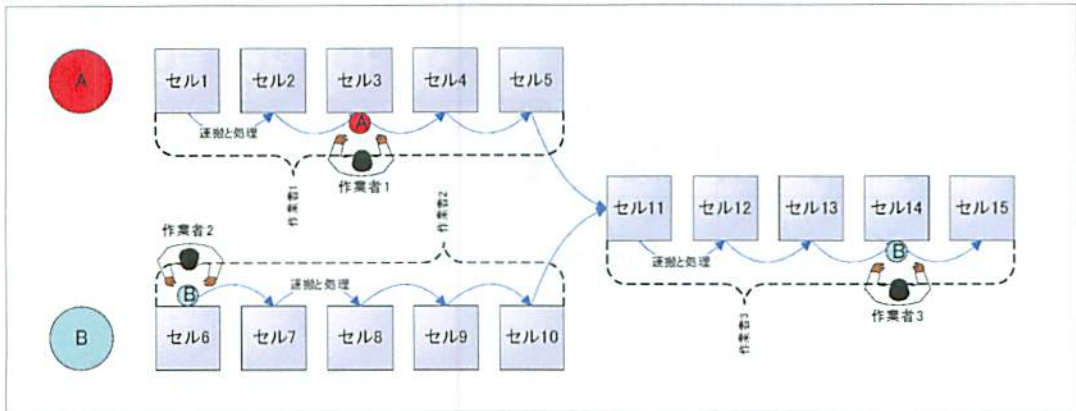



図 4.26　セル型生産システム

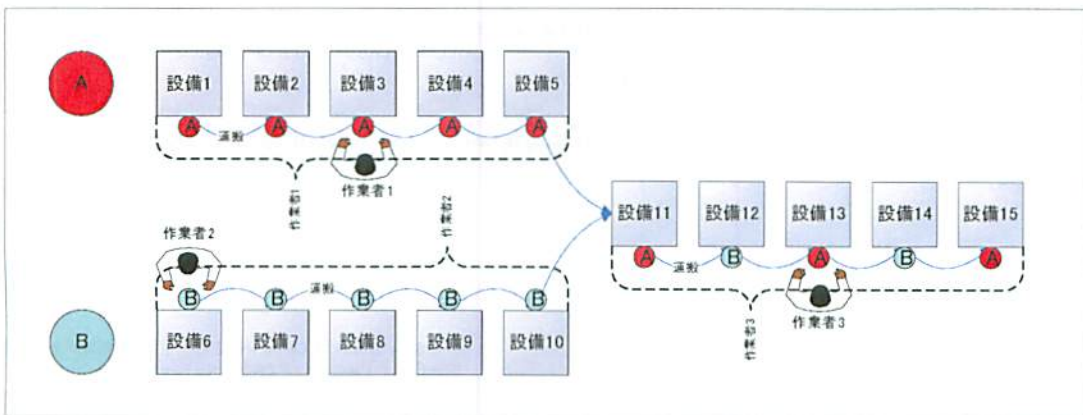



図 4.27　工程内が自動化され作業者が持ち回りで運搬する生産システム

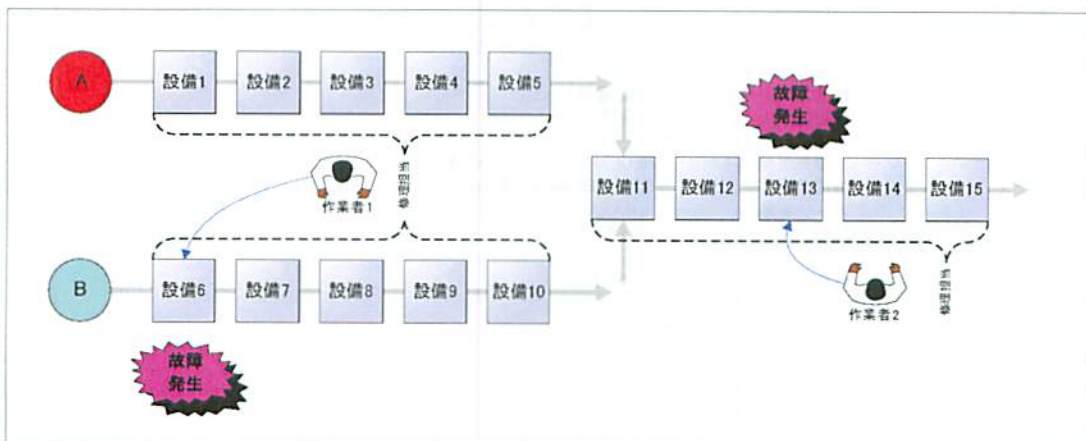



図 4.28　ライン型生産システム

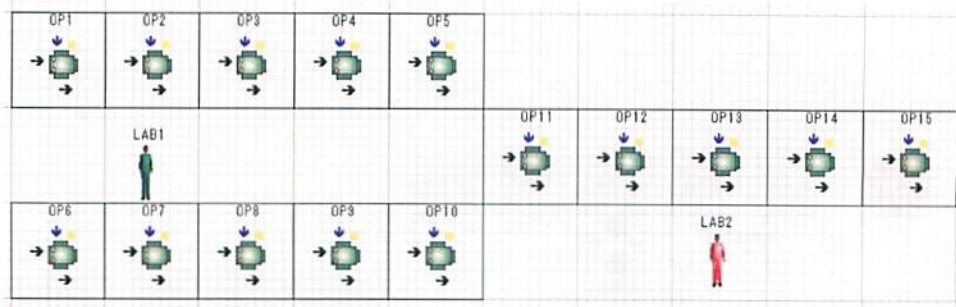



図 4. 29　Witness のシミュレーション実行

```
名前:                     E.OP15.Mac
エレメントタイプ:          M:マシン
数量:                     1
優先度:                   最低
種類:                     シングル
サイクルタイム:            S.S_WorkCycle (A_品種,A_Step)
インプット / アウトプット ルール
                          インプット:          PULL from E.OP15.BUF(1)
                          アウトプット:        PUSH to F_CellRuleForOutput (E.OP15.vNo)
レイバールール
                          処理:                IF mLAB.F_LabCall (1,E.OP15.vNo,1) = 1 !mode,Cl,Inst
                                                    mLAB.V_LABName (1,E.OP15.vNo,1)
                                               ELSE
                                                    Wait
                                               ENDIF
                          段取り #1:           IF S.S_CellSetUp (E.OP15.vNo,2,1) > 0 !段取替え時間がある場合のみ
                                                    IF mLAB.F_LabCall (3,E.OP15.vNo,1) = 1 !mode,Cl,Inst
                                                         mLAB.V_LABName (3,E.OP15.vNo,1)
                                                    ELSE
                                                         Wait
                                                    ENDIF
                                               ELSE
                                                    NONE
                                               ENDIF
                          修理 #1:                  IF S.S_CellBreak (E.OP15.vNo,2,1) > 0 !修理時間がある場合のみ
                                                    IF mLAB.F_LabCall (2,E.OP15.vNo,1) = 1 !mode,Cl,Inst
                                                         mLAB.V_LABName (2,E.OP15.vNo,1)
                                                    ELSE
                                                         Wait
                                                    ENDIF
                                               ELSE
                                                    NONE
                                               ENDIF
段取替え
                          段取替え:            新しい段取替え
                          段取替えモード:      故障回数
                          初期回数:            S.S_CellSetUp (E.OP15.vNo,1,1)
                          処理回数:            S.S_CellSetUp (E.OP15.vNo,1,1)
                          段取替え時間:        S.S_CellSetUp (E.OP15.vNo,2,1)
故障
                          故障:                故障 番号1
                          故障モード:          総時間
                          処理開始時のみ故障発生:        はい
                          故障発生間隔:        NEGEXP (S.S_CellBreak (E.OP15.vNo,1,1))
                          修理時間:            S.S_CellBreak (E.OP15.vNo,2,1)
                          パーツ廃棄:          いいえ
                          修理中の段取り:      いいえ
アクション
                          mLAB.F_LabGet (1,E.OP15.vNo,1)
                          mLAB.F_LabFree (1,E.OP15.vNo,1)
                          mLAB.F_LabGet (3,E.OP15.vNo,1)
                          mLAB.F_LabFree (3,E.OP15.vNo,1)
                          mLAB.F_LabGet (2,E.OP15.vNo,1)
                          mLAB.F_LabFree (2,E.OP15.vNo,1)
終了時:                   F_ActOfMac (E.OP15.vNo,3)
```

図 4. 30　Witness での実行ライブラリィの例

の例を**図 4. 30** に示す．

今後，実験を増す必要があるが，提案する作業者シミュレーションモデルは有効であることが確認できた．また，その実装方法も有効であることを確認した．

4. 3. 8 おわりに 本報では，作業者モデルの表現方法を提案し，その有効性をケーススタディを通じて確認した．提案する作業者シミュレーションモデルの実装法を提案し，実際に実装を行い，基礎実験によりその有効性を確認した．今後，様々な視点から基礎実験を実施し，さらなる有効性を確認する予定である．

4. 4 成果の普及活動

研究成果の普及のため，学会での発表に留まらず，見学会，研究会などを通して，研究内容や開発したアプリケーションを公開した．以下に，それらの概要を記す．

1. 学会：国際会議APMS2009での論文発表[13]と技術講演（フランス・ボルドー）（2.2節参照），日本機械学会論文集での論文発表[14]，日本機械学会生産システム部門講演会（早稲田大学）[15)~18)]での発表．
2. 外部講演会：IMS アイデアファクトリー総会 / 技術講演（平成21年7月），日本能率協会・ものづくり3DeXpo（東京ビッグサイト）（平成21年11月20日），ORiNミーティング（東京ビッグサイト）（平成21年11月26日）．
3. 研究会：機械振興協会技術研究所 / 基盤的生産技術研究会（1社），製造科学技術センターIMS センター / IMS アイデアファクトリー（3社）．
4. 展示会：国際ロボット展2009（東京ビッグサイト）ブース展示（平成21年11月）（**図 4. 31** 参照）．
5. 新聞掲載 / 技術解説記事掲載：外観検査の自動化：仮想空間で事前検証（日刊工業新聞，2009年10月28日朝刊1面）（**図 4. 32**参照）[19]，デジタルマニュファクチャリングにおける設備シミュレーション（第53回システム制御情報学会研究発表講演会基調講演・解説）[20]．
6. 特許出願：4件（外観検査向け設備シミュレーション関連）（H20年度出願分も含む）．

4. 5 あとがき

本研究では，まず，最近重要なっている製造品質の効率的な保証に注目し，ロボットとカメラを利用する外観視覚検査の自動化を対象として，外観視覚検査の自動化構築の課題を整理し，課題を解決する外観検査向け設備シミュレーションの研究を実施した．具体的には，外観検査向け設備シミュレーションの基本システムやその実装法を提案し，基礎実

図 4. 31 国際ロボット展 2009 ブースにて

験によりその有効性を確認した．本研究の最終目標は，①現場調整作業20%以下，②稼動後の修正作業50%減であり，今後も引き続き基礎実験を実施し，達成度を検証していく．なお，本設備シミュレーションに関して，現在，特許4件を出願中である．

次いで，近年の変種変量の生産に対応するため，セル生産など，作業者が主体となる生産システムが増加しており，作業者を主体とする生産システムを対象として，生産準備段階の課題を整理し，課題を解決する作業者シミュレーションのモデル化手法の研究を実施した．具体的には，作業者モデルの表現方法を提案し，その有効性をケーススタディを通じて確認した．提案する作業者シミュレーションモデルの実装法を提案し，実際に実装を行い，基礎実験によりその有効性を確認した．今後，様々な視点から基礎実験を実施し，

日刊工業新聞 Business & Technology

2009年（平成21年）10月28日 水曜日

外観検査の自動化

仮想空間で事前検証

実ライン設置作業1/5

機振協技術研など

機械振興協会技術研究所（東京都東久留米市、桐村昭二所長、042・475・1155）は、デンソー子会社のデンソーウェーブ、東京農工大学と共同で、工場のロボットを使った外観検査ラインを円滑に構築するシミュレーション技術を開発した。製品やFA設備の3次元CADデータを使い、実ラインと同環境の仮想空間でロボットによる外観検査を事前検証できる。現場での調整作業を5分の1にし[illegible]を大幅に削減する。人手に頼っている外観検査の自動化に拍車がかかりそうだ。

図4.32　日刊工業新聞の掲載記事（朝刊1面）

さらなる有効性を確認する予定である．

また，研究成果の普及のため，学会での発表に留まらず，見学会，研究会などを通して，研究内容や開発したアプリケーションを公開した．

第４章の参考文献

1) http://www.kmt-iri.go.jp/kankou/kenkyuhokoku/2003/T42-47.pdf 外観検査ニーズに関する調査研究 (2010).

2) http://www.denso-wave.com/ja/robot/product/latest/vir/ (2010).

3) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Efficient manufacturing system implementation based on combination between real and virtual factory, *International Journal of Production Research*, **44**, 3897-3915 (2006).

4) T. Inukai, H. Hibino, Y. Fukuda, Simulation Environment Synchronizing Real Equipment for Manufacturing Cell, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 1 No. 2, P238-224(2007).

5) T. Inukai, H. Hibino, Y. Fukuda, Enhanced distributed simulation using ORiN and HLA, Mechatronics for safety, security and dependability in a new era(Elsevier), P261-264(2007)

6) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Emulation in Manufacturing Engineering Processes, Proceedings of the Winter Simulation Conference 2008, p1785-1793 (2008).

7) 日比野浩典，生産システムの設計・実装を効率化する設備シミュレーション技術，技研所報　Vol. 44, No. 1(135) (2008).

8) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Sakimoto K., Simulation Environment to Minimize Lead-time of Manufacturing Cell Implementation Process Using Real Equipment Interaction, Proceedings of the International Conference on Advances in Production Management Systems, p257-270 (2008).

9) 水川真，産業用機器・ロボットのオープンネットワークインタフェース ORiN，計測と制御学会誌，**42**，No. 7 (2003).

10) http://opencv.jp/opencv-1.0.0/document/opencvref_cv_matching.html#cv_imgproc_matching (2010).

11) http://www.denso-wave.com/ja/robot/product/latest/wincaps2/index.html (2010).

12) www.engineering-eye.com/witness/ (2010).

13) Hibino H., Inukai T., and Yukishige Yoshida Y, Simulation Model Driven Engineering for Manufacturing Cell, Proceedings of the International Conference on Advances in Production Management Systems, CD-ROM (2009).

14) 田中邦明，倉橋正志，林伸広，稲生進也，日比野浩典，福田好朗，需要同期を実現するモジュール構造型生産における製造指示システムに関する研究，日本機械学会論文集C編，**75**，No. 754，p1535-1542 (2009)..

15) 日比野浩典，犬飼利宏，吉田幸重，外観検査向け設備シミュレーションの研究 第一報 基本システムの提案，日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2010 (2010).

16) 藤咲大輔，上野滋，日比野浩典，外観検査向け設備シミュレーションの研究 第二報 仮想カメラ生成画像の寸法検査の視点による基礎的実験，日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2010 (2010).

17) 犬飼利宏，吉田幸重，日比野浩典，シミュレーションモデル駆動型生産設備の研究，日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2010 (2010).

18) 斉藤伸也，日比野浩典，丸山祥宏，生産システムの作業者シミュレーションモデリング，日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2010 (2010).

19) 日刊工業新聞，外観検査の自動化：仮想空間で事前検証 (2009年10月28日朝刊1面)

20) 日比野浩典，デジタルマニュファクチャリングにおける設備シミュレーション，第53回システム制御情報学会研究発表講演会基調講演，p163-166(2009).

5. 結　言

本研究では，平成20年度から平成21年度の2ヵ年計画で，大きく2つの視点から研究を実施した．それらは，生産システムの運用，および保守向けに，遠隔監視，ドキュメント管理などの機能を，TV会議機能により遠隔拠点間で共有し，低いスキルの作業者の遠隔作業や保守支援を行う「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と，生産システム構築段階向けに，「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」を実施した．本報告は，平成21年度の研究内容を中心に報告した．

第2章では，今年度実施した欧州生産システムの動向調査結果を報告した．

第3章では，生産拠点のグローバル化により必要とされるグローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援の仕組みである「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の成果を報告した．具体的には，多角点画像リンクシステム，および障害状況再現システムの開発結果について報告した．

まず，多角点画像リンクシステムの開発では，デジタルカメラなどで撮影した機器の周辺写真，素材や仕掛り品の現物写真などを，3-D モデルに代わるメディアとして扱い，これらを視点の変更を想定した順に並べ替え，さらに写真に写ったスイッチ類などの画像に付加された検索キーを元に，ドキュメント管理システムとも連携可能な多角点画像リンクシステムのコンセプトを提案し，試作システムの開発結果を報告した．本システムの開発により，3-D 表示遠隔監視システムなどの 3-D モデルを基本としたシステムを用いる場合に必要となる 3-D モデルの作成が不要なることで，運用コストの低減が図れると共に，もともと 3-D モデルとして扱いにくい素材や仕掛り品の情報もポータル・コラボレーション型生産支援システムにおいて活用可能となった．

つぎに，障害状況再現システムの開発では，実際の機器からの情報ではなく，市販のデータベースに蓄積した履歴情報を読み出し，その情報により，すでに豊富に揃っている遠隔監視システムなどの監視用のアプリケーションシステムを再生動作させる障害状況再現システムの手法を提案し，試作システムの開発結果を報告した．これにより，監視用のアプリケーションシステムを，監視目的のみならず，履歴情報に基づく再生動作に活用可能となった．

この開発した多角点画像リンクシステム，障害状況再現システムなどを含むポータル・コラボレーション型生産支援システムは，現在，基盤的生産技術研究会　標準技術活用ビジネス小研究会などで，実用化を検討中である．

また，昨年度に試作開発したシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムは，工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会で，実用化に向けた改良，および製品化の準備を進めていると共に，実際の製造業の工場でユーザモニタを実施中である．

第4章では，「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」に関する研究成果について報告した．本研究では，まず，最近重要なっている製造品質の効率的な保証に注目し，ロボットとカメラを利用する外観視覚検査の自動化を対象として，外観視覚検査の自動化構築の課題を整理し，課題を解決する外観検査向け設備シミュレーションの研究を実施した．具体的には，外観検査向け設備シミュレーションの基本システムやその実装法を提案し，基礎実験によりその有効性を確認した．本研究の最終目標は，①現場調整作業20%以下，②稼動後の修正作業50%減であり，今後も引き続き基礎実験を実施し，達成度を検証していく．なお，本設備シミュレーションに関して，現在，特許4件を出願中である．

次いで，近年の変種変量の生産に対応するため，セル生産など，作業者が主体となる生産システムが増加しており，作業者を主体とする生産システムを対象として，生産準備段階の課題を整理し，課題を解決する作業者シミュレーションのモデル化手法の研究を実施した．具体的には，作業者モデルの表現方法を提案し，その有効性をケーススタディを通じて確認した．提案する作業者シミュ

レーションモデルの実装法を提案し，実際に実装を行い，基礎実験によりその有効性を確認した．今後，様々な視点から基礎実験を実施し，さらなる有効性を確認する予定である．

これら「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の研究成果に関して，学会や講演会などでの普及活動のみならず，国際ロボット展2009へ出展し，さらに日刊工業新聞社での研究成果の記事が掲載されるなど，広く一般に公開した．

また，平成20年4月から，リニューアルスタートした当所の基盤的生産技術研究会においてもこれらの研究成果は活用されており，各方面の標準化活動とも相互連携して，さらなる普及や実用化活動を行った．特に，「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」に関わる応用研究を行っている基盤的生産技術研究会　標準技術活用ビジネス研究会では，研究成果を教材にした工作機械の衝突防止とIT化実用セミナを実施し，より深く研究成果を広報する活動を行った．

さらに，国際的な産学官連携研究を実施している製造科学技術センターIMSセンター主催の国内企業との産学官連携研究に参加し，本研究の成果を基盤とした産業応用を自動車産業，電機産業，エンジニアリング産業とともに検討し，研究成果の広報や普及活動を実施した．

謝　辞

本研究は，財団法人ＪＫＡの競輪補助金を受けて実施したものであり，ご支援いただいた関係各位に深く感謝いたします．

研 究 報 告 書

KSK-GH21-1

標準技術活用による生産支援に関する研究

平成22年3月31日発行

発行所　財団法人　機械振興協会　技術研究所
（〒203-0042）　東京都東久留米市八幡町一丁目1番12号
電話　042-475-1155（代表）

印刷所　株式会社　アトミ
（〒187-0031）　東京都小平市小川東町五丁目13番22号
電話　042-345-1155